

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky

Přizpůsobení společné televizní antény pro rozvod
digitálního televizního signálu
Shared antenna circuits for DVB-T

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Prohlašuji, že jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 ods. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 06.05.2011

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Marku Dvorskému, Ph.D. za cenné rady a připomínky během konzultací a za odborné vedení práce, které přispělo k jejímu zkvalitnění.

Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na aktuální problematiku spojenou s digitalizací televizního vysílání a jejím řešením v systémech pro společný příjem televizního vysílání. První částí dokumentu je popis komponent používaných pro společný příjem, ten zahrnuje historický pohled a technické údaje, pro které je daný komponent vybírán. Druhá část práce poukazuje na průběh digitalizace pozemního vysílání a zaměřuje se na problematické komponenty, především je prakticky zacílena na měření na kanálových a širokopásmových zesilovačích, které jsou buzeny digitálními signály. V poslední části práce se nachází teoretický návrh řešení společné antény. Optimální řešení je vybráno na základě zhodnocení možností realizace pozemního a satelitního příjmu, výstupem jsou požadavky na jednotlivé komponenty v celém systému.

Klíčová slova

Digitální televizní vysílání, příjem televizního vysílání, kabelové rozvody, společná televizní anténa, hlavní stanice

Abstract

The thesis is focused on current issues related to digitization of television broadcasting and its solution in the systems for the collective reception of television broadcasting. First part of the document is a description of the components used in a common reception including a historical perspective and the technical data for which components are selected. The second part points to the progress of digitization of terrestrial broadcasting, focusing on the problematic components, thesis is primarily aimed on the channel and broadband amplifiers measurements, which are powered by digital signals. The last part is a theoretical design of common antenna system. The optimal solution is selected on the basis of evaluation options for terrestrial and satellite reception. The output of work is the requirements on the components throughout the system.

Keywords

Digital television broadcasting, television reception, cable distribution system, common television antenna, head-end station

Seznam použitých symbolů a zkratek

64-QAM	64 Quadrature Amplitude Modulation
8PSK	8 Phase Shift Keying
BER	Bit error ratio
CCIR	Consultative Committee on International Radio
CDMA	Code division multiple access
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization
CI	Common Interface
DiSEqC	Digital Satellite Equipment Control
DSB	Double SideBand
DVB	Digital Video Broadcasting
DVB-S	Digital Video Broadcasting - Satellite
DVB-T	Digital Video Broadcasting - Terrestrial
EBU	European Broadcasting Union
EPG	Electronic Program Guide
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FTA	Free-to-air
GSM	Global System for Mobile Communications
H.264	ITU-T H.264 Advanced Video Coding
HDTV	High-Definition Television
LDTV	Low-Definition Television
LNB	Low noise block-downconverter
MER	Modulation error ratio
MEVRO	Mezinárodní výstava rozhlasu
MPEG	Moving Picture Experts Group
NKS	Národní koordinační skupina

NTSC	National Television System Committee
OIRT	International Radio and Television Organization
PAL	Phase Alternate Line
PCM	Pulse-code modulation
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
SFN	Single Frequency Network
SSB	Single SideBand
STA	Společná televizní anténa
UHF	Ultra High Frequency, pásmo 300-3000MHz
VKV	Pásmo velmi krátkých vln, 30-300MHz

Obsah

Úvod	1
Princip společné televizní antény a historický vývoj.....	2
Anténní sestava	5
Vlastnosti antén	5
Rozhlasové antény.....	7
Televizní antény	9
Satelitní antény	13
Hlavní stanice.....	15
Aktivní prvky	16
Pasivní prvky.....	19
Rozvodná síť	20
Kabeláž.....	20
Zásuvky	22
Topologie	22
Problémy spojené s digitalizací společných antén	25
Měření vybuditelnosti kanálového zesilovače	27
Použité přístroje.....	28
Konfigurace přístrojů	28
Měřené parametry.....	30
Naměřené hodnoty	30
Simulace dálkového příjmu.....	32
Konfigurace přístrojů	33
Naměřené hodnoty	33
Vybuditelnost širokopásmových zesilovačů	36
Použité přístroje.....	37
Konfigurace přístrojů	37
Naměřené hodnoty	37
Návrh optimálního řešení STA	40
Možnosti řešení	41
Pozemní příjem	41
Satelitní příjem	44

Detailní popis zvoleného řešení	46
Analýza současného stavu rozvodu.....	47
Navržené změny v rozvodu.....	48
Požadavky na technologie v hlavní stanici.....	50
Požadavky na anténní soustavu	51
Závěr	52

1. Úvod

Televizní vysílání je v dnešní době nejúčinnější a nejrozšířenější informační médium. Televizor nebo jiný přijímač televizního vysílání, vlastní prakticky každý třetí člověk na této planetě, přístup k této technologii má potom každý druhý člověk, což je jen o málo méně než vlastníků mobilního telefonu. Takto rozsáhlý trh je nyní na cestě přechodu z analogového způsobu příjmu na digitální, aby se mohlo ještě rozšířit portfolio vysílaných stanic a zlepšit kvalita obrazu.

Tato práce je zaměřena na problematiku společných antén, protože se v této oblasti pohybují již několik let. S probíhajícím procesem digitalizace nastávají nové otázky, tato práce se pokusí alespoň na některé z nich nalézt odpovědi.

První část práce popisuje princip funkce společné antény, především se zde nachází soubor používaných komponent, včetně zhodnocení jejich využitelnosti v systémech pro společný příjem. Vyjmenovány jsou také na parametry, podle kterých je vhodné tu či onu součástku vybírat, dále obvyklé hodnoty těchto parametrů současné i dřívější výroby.

Druhá část práce je věnována problematice digitalizace, především pak hodnocení jejího průběhu v Moravskoslezském kraji. Praktická část je zaměřena na problematické prvky při přechodu na digitální příjem. Důkladněji jsou zde rozpracovány otázky využitelnosti zesilovačů pro zesilování digitálních televizních signálů. Měřením je ověřovány vliv šířky pásma kanálového zesilovače na kvalitu signálu a vybuditelnost. Simulován je také dálkový příjem, aby bylo možné určit, jaký zesilovač je nejvýhodnější použít, aby bylo dosaženo maximální vybuditelnosti užitečného signálu. Měření bylo prováděno také na širokopásmovém zesilovači, kdy byla ověřena opět vybuditelnost pro digitální signály, ale také strmost jejího poklesu s rostoucím počtem zesilovaných signálů.

Nakonec je proveden teoretický návrh optimálního řešení společné televizní antény pro zvolenou modelovou situaci. Nejprve jsou zde zhodnoceny možnosti realizace pozemního a družicového příjmu, z nichž je pak zvolena nejlepší kombinace. Stěžejní částí návrhu je analýza rozvodné sítě, od níž se odvíjí technické požadavky na hlavní stanici a anténní soustavu.

2. Princip společné televizní antény a historický vývoj

Digitalizace televizního vysílání se zdá být fenoménem posledních let, opak je pravdou. V roce 1948, ještě v tehdejším Československu, byl na výstavě MEVRO demonstrován první úplný přenosový televizní řetězec, samozřejmě, že se tehdy jednalo o analogové vysílání. A přes tento fakt už v roce 1951 W. Goodall publikoval o možnosti přenosu televizního vysílání pomocí, v té době relativně čerstvě vynalezené, PCM (Pulse-code modulation) modulace. Tedy v době, kdy u nás televize prakticky neexistovala, neboť provoz profesionální televizní stanice byl u nás zahájen až v roce 1953.

Na první přednášky o digitální televizi v 60. letech navazoval v roce 1972 experimentální družicový přenos. V té době už byly známy přednosti digitálního přenosu, nicméně tehdejší technologie nedokázaly efektivně zvládnout kompresi datového toku, tedy byla by potřebná velká šířka pásma, pro barevný standard NTSC (National Television System Committee) se udávalo 88Mbit/s. Proto bylo vzhlíženo k vývoji nových technik redukce bitové rychlosti. V roce 1982 bylo dokončeno doporučení CCIR 602 (Consultative Committee on International Radio), které definovalo parametry digitální televize ve studiové kvalitě SDTV (Standard-definition television), která byla srovnatelná s analogovou, ty předpokládaly datový tok dokonce 216Mbit/s.

Prvně se, celkem pochopitelně, snaha soustředila na kompresi v distribučních sítích tak, aby datový tok mohl být přenášen v PCM hierarchii. Okolo roku 1989 byly vydány standardy pro distribuci vysílání s pomocí prediktivních metod a hybridní kombinací prediktivního kodéru a diskrétní Fourierovy transformace, což byl předchůdce známého standardu MPEG (Moving Picture Experts Group) verze 1. Ty dokázaly redukovat datový tok na rychlost 140Mbit/s resp. 34Mbit/s.

Na to navazovaly pokroky v sekundární distribuci, tedy v přímém vysílání digitálního signálu. Použit byl nový standard MPEG-2 stejnojmenné expertní skupiny s cílem stlačit potřebný datový tok pod 10Mbit/s. Vyřešeno bylo ale i například omezení zvuku na dva kanály (stereo) nebo standardizováno prokládání videa. Rovněž byl definován koncept kontejneru dat, který v dnešní terminologii známe pod pojmem multiplex. Uvnitř kontejneru lze přenášet toky dat (nejčastěji televizní stanice) v odstupňovaných profilech LDTV (Low-Definition Television) až HDTV (High-Definition Television), viz tabulka 2.1.

Tabulka 2.1: Srovnání TV profilů, [15]

Úroveň kvality	počet aktivních vzorků na řádek	Profil	
		střední	vysoký
HDTV	1920	≤ 80	≤ 100
EDTV	1440	≤ 30	≤ 80
SDTV	720	≤ 15	≤ 20
LDTV	352	≤ 4	-

S rozvojem přijímací techniky se ujal především standard pro SDTV a HDTV a s postupem doby je nahlíženo na video kvality SDTV jako o datovém toku méně než 8Mbit/s, to je způsobeno optimalizací a tím i zlepšení komprese standardu MPEG-2. Obvyklá rychlost pro kvalitativně stejný analogový obraz se udává okolo 5Mbit/s. U HDTV je potřebný datový tok přibližně 4x vyšší. Stereofonní zvuk je obvykle komprimován na 96-384kbit/s. Tyto informace jsou klíčové vzhledem k faktu, že kontejner pozemské digitální televize evropského standardu DVB (Digital Video Broadcasting) disponuje užitečným datovým tokem 5-32Mbit/s v rámci stávajících kmitočtových rastrů pozemního vysílání, a to v závislosti na použité modulaci, délce ochranného intervalu a kódový poměr vnitřního konvolučního kódování. Analogicky u satelitního příjmu, který sice disponuje větší šířkou pásma, nicméně z principu jsou používány odolnější modulační, je jeho kapacita limitována. Se standardem MPEG-2 jsme tedy schopni konečně využít efektivně pásmo, pro představu na 8MHz širokém kanálu jsme schopni přenést 4 televizní programy.

Posledním milníkem v kompresi obrazu je standard MPEG-4, představený koncem roku 1998, resp. MPEG-4.10 z roku 2003, zahrnující kompresní standard H.264/AVC (Advanced Video Coding). Účinnost komprese vzrostla násobně oproti MPEG-2, a to především díky použití objektů libovolného tvaru místo makrobloků, což poskytlo žádanou flexibilitu. Udávaná lepší účinnost (až 6násobná) se praxi nevyužívá na maximum z důvodu vysokých výpočetních nároků pro dekodér (udává se až 4násobná), ale hlavně pro kodér až 8násobná, protože komprese musí probíhat v reálném čase. S tím souvisí vyšší energetická náročnost. S rozvojem techniky to přestává být problém, ale zpětná kompatibilita musí být zachována. Obvykle se proto používá MPEG-4 pro přenos HDTV, kdy výsledný datový tok je oproti MPEG-2 přibližně poloviční, při zachování stejné nebo lepší kvality. Více informací o metodách komprese obrazu naleznete ve sborníku [17].

Vidíme tedy, že digitální přenos televizního vysílání má za sebou již poměrně dlouhou historii, ale až v poslední době s rozvojem kompresních technik se dostává až ke koncovým uživatelům. Realizace MPEG-2 dekodéru je výpočetně a energeticky nenáročná, a spektrální efektivita je násobně vyšší. Požadavek na obraz ve vysokém rozlišení, jelikož televizory dnes disponují velmi jemným rastrem a jsou k dispozici v nevídaných úhlopříčkách, dokáže zprostředkovat vysílání v kompresním standardu MPEG-4. Digitální televizní příjem dokáže nabídnout i další přídatné služby jako elektronický televizní program EPG (Electronic Program Guide), titulky nebo prostorový zvuk. To vše efektivně a ve stávajících kmitočtových pásmech. A přechodu na digitální příjem se nevyhnu ani uživatelé společných televizních antén, už z důvodu, že analogové pozemské vysílání bude během roku 2011 v České Republice ukončeno a satelitní příjem je dnes taky až na výjimky digitální.

Vzhledem k elektromagnetickému rušení nebo širokému spektru nabízených služeb je potřeba klást na příjem stále vyšší nároky. To se odráží v cenách zařízení, potřebě používat kvalitnější, rozměrnější a směrovější antény. Důsledkem toho je, že v panelových domech nelze umístit anténu v bytovém prostoru a rovněž není možné, aby si každý instaloval svá zařízení na do společných prostor, ať už je to střecha domu či svislé rozvody. Jediným schůdným řešením této situace je společná televizní anténa. Na tu jsou kladeny vyšší nároky, než na individuální příjem, ale pro velký počet účastníků se oplatí navrhnout a realizovat celý systém optimálně přes zdánlivě vyšší náklady.

Pod pojmem společná televizní anténa se skrývají funkční celky, které zajišťují příjem rozhlasového a televizního vysílání a zajišťují jeho rozvod ve stejné kvalitě ke všem účastníkům. Pozemní rozhlasové a televizní vysílání je provozováno v kmitočtech 48,5-862MHz, v minulosti zde patřili i rozhlasová pásma dlouhých a středních vln. Satelitní vysílání využívá vyšších kmitočtů pásem C (3,6-6,5GHz) a Ku (10,7-18GHz), kdy dominantní je příjem v Ku pásmu.

Systém společné televizní antény lze rozdělit do třech základních funkčních bloků.

Anténní sestava – Představuje soubor přijímacích antén, symetrizačních členů a anténních napáječů potřebných pro příjem televizního a rozhlasového vysílání.

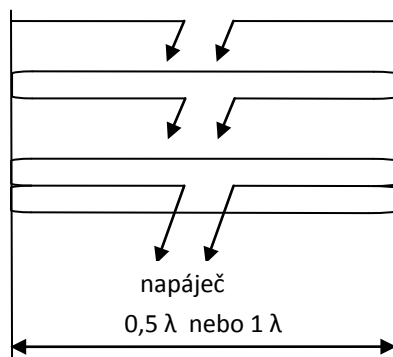
Hlavní stanice – Sestava zařízení sloužících k úpravě, především pak zesílení a sloučení všech signálů pro následnou distribuci v rozvodné síti.

Rozvodná síť – Jsou to zařízení, jež zabezpečují v systému přenos vysokofrekvenčních signálů z hlavní stanice ke všem účastníkům.

2.1 Anténní sestava

Anténa je zařízení, které transformuje elektrický signál z napájecího vedení na elektromagnetické vlny, které jsou následně vyzářeny do volného prostoru. Obdobně pro příjem shromažďuje elektromagnetické vlny a transformuje je na elektrický signál, který přenášen napájecím vedením. Anténa sama o sobě nic nezesiluje, pouze usměrňuje elektromagnetickou energii, jedná se tedy o pasivní prvek. Analogii nám může být žárovka s přidaným reflektorem. Ten světlo, které je také druhem elektromagnetického záření, usměrňuje určitým směrem, nic však nezesiluje. Antény pro příjem TV a rozhlasového vysílání jsou určeny pouze pro příjem, jedná se tedy o jednosměrný provoz.

Základ antény je tvořen zářičem se zdrojem – dipólem. Nejčastěji se využívají dipóly jednoduché půlvlnné nebo celovlnné a skládané, viz obr. 2.1. Vzhledem k délkám vln u rozhlasového a televizního vysílání není problém vyrobit dipóly se srovnatelnou vlnovou délkou. Vkládáním prvků, tzv. direktorů, zvětšujeme prostorovou oblast, z níž může přejít energie do napáječe. Použitím reflektorů zase zvyšujeme zisky antén tím, že odrážíme energii, která by jinak nebyla zachycena, zpět k direktorům. Většina antén je vybavena i symetrizačním členem na svorkách dipólu, který slouží k přizpůsobení impedance pro připojené vedení.



Obr 2.1 – Používané typy dipólů, shora: jednoduchý, skládaný, skládaný s dvojitým ramenem.

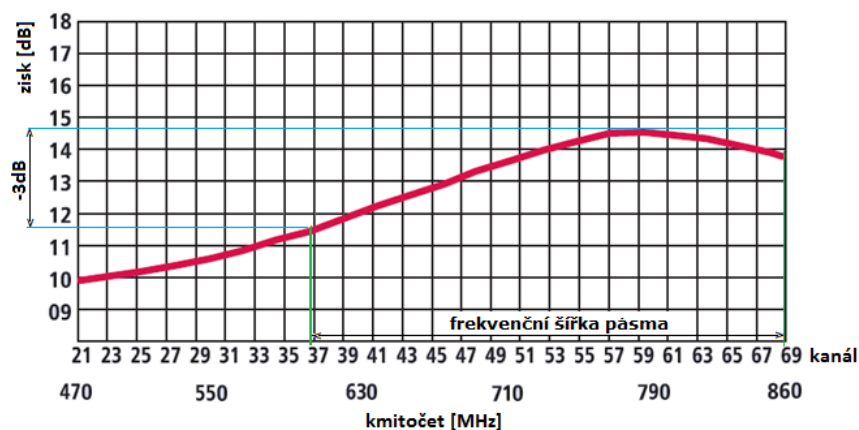
V rozměrech $0,5\lambda$ a 1λ .

2.1.1 Vlastnosti antén

Antény hodnotíme podle několika kritérií, především je to směrovost, činitel zpětného příjmu, zisk, impedance a frekvenční šířka pásma.

Frekvenční šířka pásma – udává, v jakém rozsahu se může pohybovat přijímaný kmitočet, aniž by došlo k podstatným změnám vlastností antény. Můžeme dělit antény tedy na kanálové, sloužící pro příjem jediného kanálu, vícekanálové, na příjem několika sousedních kanálů,

pásmové, pro příjem celého pásma, a vícepásmové pro příjem několika frekvenčních pásem. Na obrázku 2.2 je vyznačena frekvenční šířka pásma Yagi antény pro V. TV pásmo.



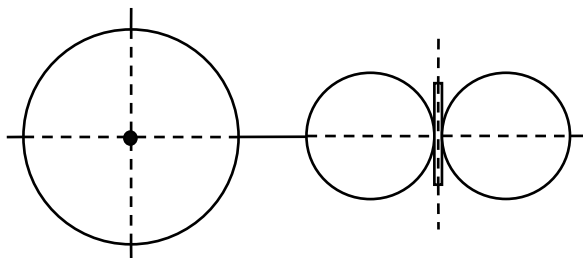
Obr. 2.2 – Frekvenční šířka pásma Yagi antény, [14]

Směrovost – parametr, který hodnotí schopnost antény přijímat signál z jednoho směru lépe než z jiných směrů. Tím lze docílit odstranění vlivu nežádoucích signálů, způsobených například odrazy. Směrové vlastnosti antén se nejčastěji znázorňují diagramy poměrné směrovosti v rovině dipólu a kolmé k dipólu. Z diagramu lze vyčíst šířku vyzařovacího svazku hlavního laloku, tj. kdy napětí na anténě poklesne o 3dB. V diagramu jsou kružnice kótovány, takže snadno zjistíme zisk antény, neobvyklé není ani označení zisku hlavního laloku referencí 0dB s tím, že zisk antény je znám. Dále si lze změřit maximum největšího postranního laloku a vypočítat činitel zpětného příjmu. Tyto hodnoty jsou platné pouze za předpokladu, že anténu připojíme na přizpůsobenou zátěž.

Činitel zpětného příjmu – někdy nazýván jako předozadní poměr, což nemusí být zcela přesná formulace. Je to poměr napětí na svorkách při příjmu z hlavního směru (maxima) ku poměru napětí maxima největšího postranního laloku v zadní části směrového diagramu, který ale obvykle nesplývá s osou hlavního laloku. Tento poměr je důležitým pro příjem v zástavbě, protože ovlivňuje kvalitu signálu v místech vícenásobného příjmu. Typicky se tento činitel uvádí v dB. U pěti-prvkových Yagi antén pro VKV se pohybuje okolo 20dB, u Yagi VHF/UHF antén je to okolo 25-30dB v závislosti na počtu direktorů a velikosti reflektoru. U parabolických UHF antén je tento poměr obvykle výtečných 30dB. U logaritmicko-periodických antén lze také dosáhnout činitel až 30dB, ale za cenu nižšího zisku.

Zisk – udává, kolikrát větší napětí bude na svorkách antény ve směru svého hlavního maxima oproti referenční anténě. Obvyklou referenční anténou je normalizovaný půlvlnný dipól (dBd), protože jej lze snadno v televizních pásmech realizovat, někdy se používá také izotropní

(všesměrový) zářič, či elementární dipól. Pokud výrobce uvede zisk vůči izotropnímu zářiči (dBi), je jeho číselná hodnota o 2,15dB vyšší než oproti půlvlnnému dipólu. Srovnání vyzařovacích diagramů nabízí obrázek 2.3. Zatímco izotropní zářič vyzařuje do všech směrů v horizontální rovině stejnou intenzitou, půlvlnný dipól vykazuje směrovost a zisk v hlavním směru. Platí tedy $2,15\text{dBi} = 0\text{dBd}$, proto je při výběru antény potřeba dát pozor jaké hodnoty výrobce uvádí.



Obr 2.3 – Vyzařovací diagramy izotropního zářiče (vlevo) a půlvlnného dipólu (vpravo) v horizontální rovině.

Impedance – poměr napětí ku proudu na svorkách antény. Impedance je významný parametr, který má vliv na přizpůsobení antény k napájecí. Pro maximální přenos energie do zátěže je třeba, aby impedance zdroje i zátěže byla stejná. Je-li rozdílná, část energie se nepřenese do zátěže a dochází k odrazům. Ty jsou nežádoucí nejen proto, že do zátěže se část energie nepřenese, ale energie podél vedení není rozdělena rovnoměrně, což přináší další problémy. Typická impedance televizní antény je 300Ω , proto součástí antény bývá tzv. symetrizační člen, který přizpůsobuje impedanci antény na impedanci vedení, což je typicky souosé koaxiální vedení 75Ω . Samotný půlvlnný dipól má impedanci blízkou požadovaných 75Ω , což může svádět k přímému napojení na vedení, což se však v praxi neprovádí, protože dipól je elektricky symetrický, zatímco souosý kabel nikoliv, proto se preferuje připojení přes přizpůsobovací smyčku.

V souvislosti s impedancí se vyskytuje také činitel stojatého vlnění, označovaný také jako PSV nebo SWR. Pokud je vedení přizpůsobeno, je činitel stojatého vlnění $= 1$, s jeho rostoucí velikostí klesá zisk antény, jeho přijatelná hodnota se uvádí do 1,5.

2.1.2 Rozhlasové antény

Příjem amplitudové modulace v pásmu dlouhých a středních vln (30-3000kHz). Toto pásmo je intenzivně rušeno atmosférickými výboji a průmyslovým rušením, proto se zde od vysílání

rozhlasu postupně upustilo. Rovněž přijímače měly pro příjem zabudované feritové antény a pouze některé modely měly možnost připojit externí anténu.

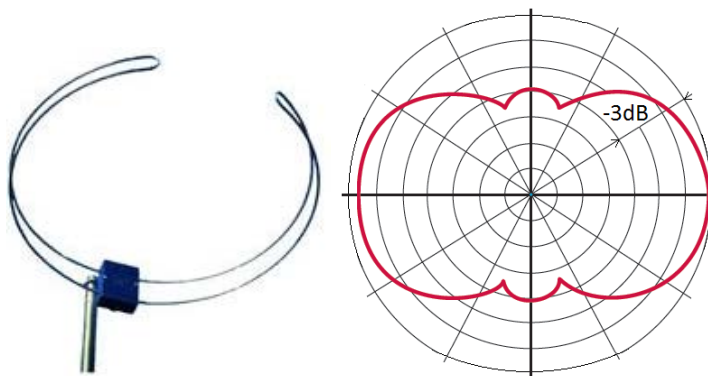
Anténa typu vodič nad zemským povrchem – ten je orientován nejlépe svisle nad zemským povrchem, častěji však šikmo. Anténa není laděná, protože pokrývá velmi široké pásmo, kdybychom ji chtěli ladit na spodní část pásma, musel by mít vodič délku několik stovek metrů. Rozměry antény jsou i přesto v tomto pásmu značné, v zástavbě se pohybují do 10m, v nerušeném prostředí až 20m. Průměr měděného vodiče je okolo 2mm. Důležité a problematické je, že drát by neměl být umístěn blízko zdi nebo kovových konstrukcí (stožár STA).

Přijem frekvenční modulace v pásmu velmi krátkých vln.

Rozhlasové stanice zprvu byly vysílány pouze v pásmu VKV (Velmi krátkých vln) v normě OIRT (International Radio and Television Organization) tj. 66-73MHz (tzv. východní pásmo). V pásmu VKV CCIR 87,5-108MHz (VKV II) byl možný příjem pouze západních stanic např. z Rakouska a Německa, navíc se krylo s II.TV pásmem tehdejší normy. Až po revoluci nastal prudký nárůst počtu rádiových stanic ve II. VKV pásmu, načež bylo postupně odstaveno televizní vysílání v II.TV pásmu.

Skládaný dipól – vhodný pouze pro místní příjem tam, kde nedochází k mnohacestnému šíření, což vyplývá z diagramu směrovosti. Dipól je nejčastěji laděn, pro pásmo VKV I má šířku (nejdelší rozměr) 2 metry, pro pásmo VKV II je to pak přibližně 1,5m.

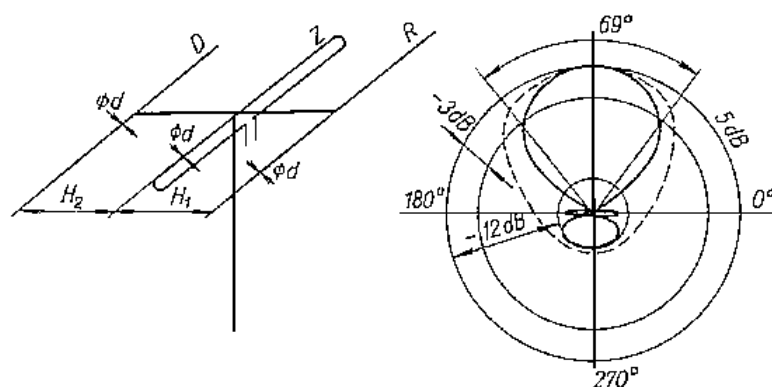
Dnes se používá nejčastěji jeho modifikace kruhový dipól, viz obrázek 2.4. Jeho průměr je přibližně 0,5m, všimněme si podobnosti se skládaným dipólem. Zisk díky stočení mírně klesl oproti dipólu na přibližně 1dBi, nicméně už z podstaty nepotlačuje tato anténa dobře zpětný příjem a je proto do zástavby, potažmo STA nevhodná. Výhodou je, že je prakticky všesměrový, takže pro individuální instalace stačí jediná anténa.



Obr 2.4 – Kruhový dipól a jeho vyzařovací diagram v horizontální rovině, [14]

Tříprvková Yagi anténa – nejpoužívanější anténa pro svůj dobrý poměr mezi rozměry a parametry. Anténa má jeden direktor, skládaný dipól a jednoduchý reflektor. Rozměry jsou opět dané pásmem, které chceme přijímat. Ladění na VKV II pásmo vyústí v přijatelnou délku antény cca 1m. Zisk se pohybuje okolo 5dB, a činitel zpětného příjmu je přijatelných 12 a více dB, což je patrné z obrázku 2.5.

Přidáváním dalších direktorů a reflektorů roste zisk antény nepatrně (nepřímo úměrně s počtem prvků), výhodou je rostoucí činitel zpětného příjmu, který při použití například pěti prvku a dvojitého reflektoru dosahuje až 20dB. Rozměry antény jsou však v pásmu VKV I a II příliš vysoké, aby bylo možné přidávat prvky do nekonečna. V souvislosti s tím, že příjem rozhlasu se postupně stává mobilní záležitostí, se dnes nevyrábí antény v tak širokém spektru jako dříve. Rovněž u společných antén se z těchto důvodů nekladou požadavky na rozvod VKV II pásma.



Obr 2.5 – Tříprvková Yagi anténa pro VKV a její horizontální vyzařovací diagram, [1]

2.1.3 Televizní antény

Přijem televizního vysílání v I.TV pásmu (48,5-66MHz) se nijak neliší od příjmu rozhlasu ve VKV pásmu, pouze antény jsou laděny na tyto kmitočty. Je zde ale kladen vyšší nárok na kvalitu příjmu, proto se uplatňovaly spíše ziskovější víceprvkové Yagi antény s vysokým činitelem zpětného příjmu laděné na příslušný kanál. Příjem v tomto pásmu se u STA již nedoporučuje, protože stejně dobře jako se signál šíří z vysílače, tak se šíří i odražené vlny. Také je zde malé tlumení zdrojů poruch a rušení, proto se postupně přešlo k vysílání ve vyšších TV pásmech, které přináší podstatné zvýšení útlumu odrazů.

V III.TV pásmu (174-230MHz) je k dispozici 7 kanálů (dle východní normy 8). V tomto pásmu se dnes také přestalo vysílat, jednak proto, že je příliš úzké a na celoplošné pokrytí území více stanic by nebylo dostatečné, ale také proto, že obdobně jako I.TV pásmo bylo v blízkosti

vysílače náchylné na odrazy a ve vzdálených oblastech docházelo ke krátkodobým únikům, důsledkem změny útlumu při šíření, a kolísání signálu vlivem počasí.

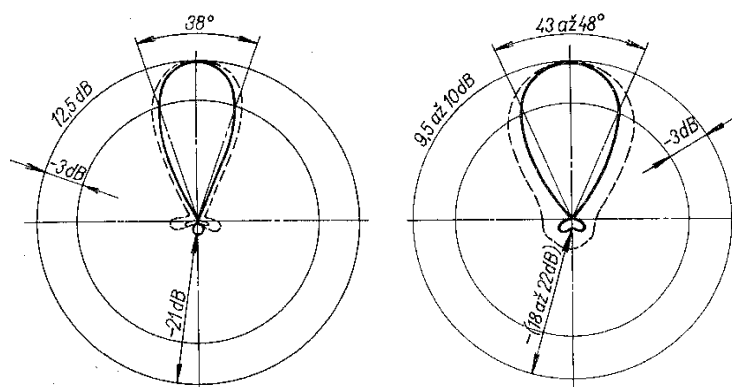
Dnes je dominantní vysílání v IV.(470-582MHz) a V. (582-790MHz) TV pásnu, někdy zjednodušeně označována jako UHF TV pásma. Ta nabízí dohromady 40 kanálů, což v nejbližší době bude dostačující počet. Na počátku digitálního vysílání bylo V.TV pásmo rozšířeno o kanály 61-69, tedy až do 862MHz, a v současné době se zde i digitálně vysílá. Poslední ohlasy z Evropské unie ale naznačují, že by tato část pásma mohla být přesunuta ve prospěch mobilního širokopásmového internetu 4. generace. U příjmu v tomto pásmu převládá přímočaré šíření elektromagnetických vln a není rušen vzdálenými signály, díky vyššímu útlumu šířením. Nepříjemnou vlastností je vznik stojatého vlnění (oscilačního pole) v blízkém okolí vysílače, vlivem skládání paprsku a odrazu od země. To způsobuje střídání dobrého a místy nedostatečného signálu, které je pak nutné řešit změnou umístění antény. Antény jsou zde velmi širokopásmové a laděny tak, aby přijímaly pokud možno celé pásmo.

K potlačení rušení blízkých vysílačů na stejném nebo velmi blízkém kanále, se využívá rozdílné polarizace. Výhodnější polarizací vodorovná, jelikož většina překážek je svislá (například panelové domy, komíny, stožáry vvn), dochází při použití vodorovné polarizace k menšímu útlumu vlivem překážek a zároveň k menším odrazům, což je žádoucí.

N-prvková Yagi anténa

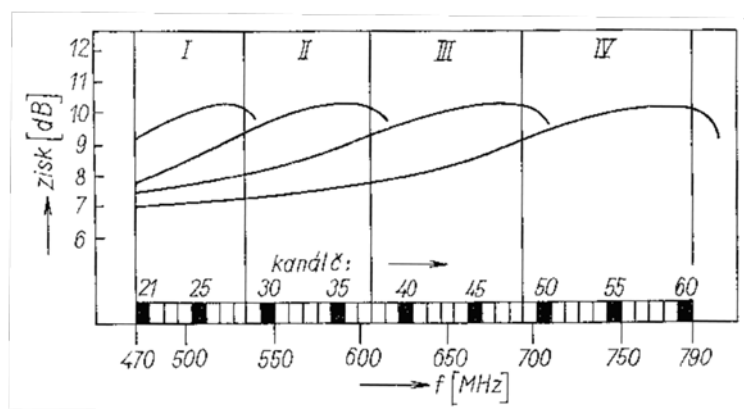
Pro příjem III.TV pásma se používaly víceprvkové kombinace, které byly laděny na příslušný kanál, případně na skupinu 2-3 kanálů. Výhodný byl tříprvkový reflektor z hlediska dobrého činitele zpětného příjmu, příkladem může být třináctiprvková anténa, na obrázku níže je uveden její vyzařovací diagram. V závislosti na laděném kanálu byla její délka až 2,5m, vhodná byla do míst s vyšší hladinou zarušení a slabším signálem. Pokud je laděná, dosahuje zisku až 12,5dB, pokud bychom obdobnou anténu zkonstruovali jako širokopásmovou, byl by její zisk a činitel zpětného příjmu přibližně o 3dB nižší a rovněž měla by širší hlavní lalok, porovnání vyzařovacích diagramů naleznete na obrázku 2.6.

Pro vyšší kmitočty IV. a V. TV pásma je obtížné naladit anténu na jediný kanál, proto se zde ladí minimálně na skupinu kanálů, častěji však na celé jedno nebo obě pásma. Díky délce vln není obtížné konstruovat antény s 20 a více prvky, v praxi si ale obvykle vystačíme s 10-20 prvky s výsledným ziskem 14-18dB. Z obrázku 2.7 si lze všimnout typické vlastnosti Yagi antény, že zisk od naladěného kmitočtu pozvolně klesá směrem k nižším kmitočtům, naopak směrem k vyšším kmitočtům zisk klesá strměji.



Obr. 2.6 – Horizontální vyzařovací diagramy laděné třináctiprvkové Yagi antény (vlevo) a širokopásmové dvanáctiprvkové Yagi antény (vpravo) pro III. TV pásma, [1]

Z této vlastnosti vyplývá, že pokud chceme anténu širokopásmovou, například pro obě UHF pásma, tak Yagi anténu ladíme na vyšší kmitočty V. TV pásma, výrobci takových antén je ladí obvykle na 50-60. kanál. Yagi anténa je pro své vlastnosti – dobrý zisk vzhledem k rozměrům, dobrá směrovost a činitel zpětného příjmu, nejčastěji osazovanou anténu v systémech pro společný příjem. Proto se také vývoj výrobců soustředil právě na tento typ antény, např. se už v současnosti používají úhlové reflektory, které jsou účinnější.



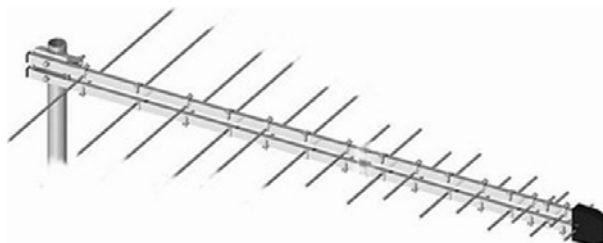
Obr. 2.7 – Frekvenční šířka pásma Yagi antén, [1]

Pro další informace o Yagi anténách lze využít knih [1] a [2], webu [9].

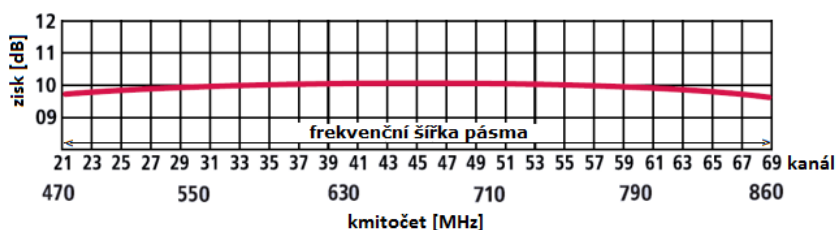
Logaritmicko-periodická anténa

Je to plošný útvar s rezonančními unipóly lichoběžníkového tvaru, ukázka na obrázku 2.8. Lze ji zkonstruovat pro libovolný kmitočet nebo pásmo. Základní vlastností a výhodou oproti Yagi anténám je, že se její zisk s kmitočtem prakticky nemění, to nazýváme plochou frekvenční odezvou. Této výhody se v praxi využívá jako referenční antény pro měřicí účely, nebo pokud přijímáme z jednoho směru kanály s velkým kmitočtovým rozptylem. Daní za tyto parametry, je

nižší zisk oproti srovnatelně velké Yagi anténě (10-14dB), také protože logaritmicko-periodická anténa nevyužívá reflektoru. Podstatnějším neduhem je však horší směrovost, což je u společných antén nežádoucí. Velká šířka pásma nemusí být také vždy výhodou, jelikož v místech s velkým zarušením GSM (Global System for Mobile Communications) / CDMA(Code division multiple access) sítěmi anténa dostatečně nepotlačuje tyto signály, viz obrázek 2.9, kdy k poklesu zisku o 3dB nedojde ani v celém IV. a V. TV pásmu.



Obr 2.8 – Logaritmicko-periodické uspořádání, [13]



Obr 2.9 – Frekvenční šířka pásma logaritmicko-periodické antény, [14]

Patrová anténní soustava se společným reflektorem

Prvky jsou buzeny soufázově, dopadá-li elektromagnetická vlna kolmo na rovinu antény, indukuje se napětí na svorkách zářičů ve fázi, výsledný výkon přenášený do zátěže je tedy součtem výkonů z jednotlivých zářičů. Pokud vlna dopadá pod jiným než pravým úhlem, je výsledný přenos nižší, v krajním případě nulový. Důsledkem je vyšší směrovost ve svislém směru. Počet takových pater bývá nejčastěji 2 nebo 4 a tento princip lze praktikovat i např. na Yagi antény. Základním stavebním prvkem bývají celovlnné dipóly a nevyužívá se zde direktorů. V horizontální rovině má tato anténa širší diagram než Yagi antény a nedosahuje takových zisků, výhodou je větší frekv. šířka pásma a nízká cena. Pokud posoudíme všechny tyto parametry, usoudíme, že u společných antén budeme dávat přednost jiným typům antén.

Parabolická anténa

Vhodná především pro vyšší kmitočty V. TV pásma, jelikož vlastností parabolických antén je, že s kmitočtem jejich zisk roste, proto se zpravidla uplatňují až ve vyšších frekvenčních pásmech. Mají výborný činitel zpětného příjmu, obvykle okolo 30dB. Parabolickou anténou lze

dosáhnout nejvyšších zisků, například u antény s průměrem 1,2m je to 19dB. Nevýhodou jsou její velké rozměry, na běžný stožár STA se jich mnoho nevejde. Nemají oproti Yagi anténám tak příznivý poměr mezi vlastnostmi a cenou, tudíž se využívá jen zřídka a jen málo výrobců dodává takové antény na trh. Na obrázku 2.10 se nachází provedení parabolické antény pro UHF pásmo.



Obr 2.10 – Parabolická anténa pro příjem UHF TV pásma, [14]

2.1.4 Satelitní antény

Signál z družic dopadá na území pod elevačním úhlem okolo 30°, takže není třeba uvažovat až na výjimky vliv terénu. Lze říci, že podmínky příjmu jsou pro všechna místa přibližně stejná, pokud nebudeme uvažovat rušivé vlivy vysílacích antén v okolí příjmového místa.

Vlny s vysokým kmitočtem (10GHz a výše) se neodrážejí od vrstev atmosféry, pouze může dojít k deformacím polarizace. Rovněž se pásmo okolo 12GHz nachází v tzv. rádiovém oknu, kdy dochází jen k malému útlumu na molekulách vodních par a kyslíku. Pochopitelně při silné srážkové činnosti dochází k útlumu, tato činnost je ale náhodná a nepředvídatelná. Není proto ekonomické a někdy ani dost dobře možné dimenzovat přijímací systémy tak, aby fungovaly i za velmi zhoršených příjmových podmínek. Systémy jsou dimenzovány obvykle s rezervou, u společných antén je tato rezerva mnohem větší než u individuálních instalací, tak, aby byl signál přijatelný po 99,9% roku.

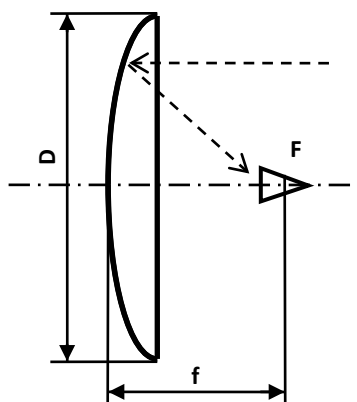
Základním prvkem satelitní antény je konvertor (LNB, zářič), který u pozemního příjmu nebyl zapotřebí. Jeho základní funkcí je přijatý signál zesílit a převést na nižší kmitočty, tzv. satelitní mezifrekvence (950-2150MHz). Je umístěn v ohnisku paraboly tak, aby byla ozářena celá její plocha. Protože je to součástka aktivní, vyžaduje také napájení, které obstará přijímač, případně hlavní stanice. Pokud se bavíme o zesílení, je nutné podotknout, že důležitým parametrem

konvertoru je jeho šumové číslo, které se dnes pohybuje okolo 0,3dB, v minulosti býval kladen důraz právě na výběr konvertoru s nízkým šumovým číslem.

Dalším podstatným parametrem je počet výstupů LNB (low noise block-downconverter), který určuje, kolik přijímačů můžeme na tuto anténu připojit (typicky 1,2 nebo 4), případně pokud máme na LNB pevně dané polarizace a pásma, tak jak široké spektrum jsme schopni převést na mezifrekvence. Přijímač si pomocí DiSEqC (Digital Satellite Equipment Control, speciální komunikační protokol, umožňující natáčení paraboly nebo volbu vstupu na přepínači) volí pásmo a polarizaci, která je na výstupu přepínače přenášena v mezifrekvenci. U společných antén se obvykle využívá pevně nastavené polarizace i pásem, což znamená přivést do hlavní stanice všechny (až 4) možné kombinace.

Rotační parabola

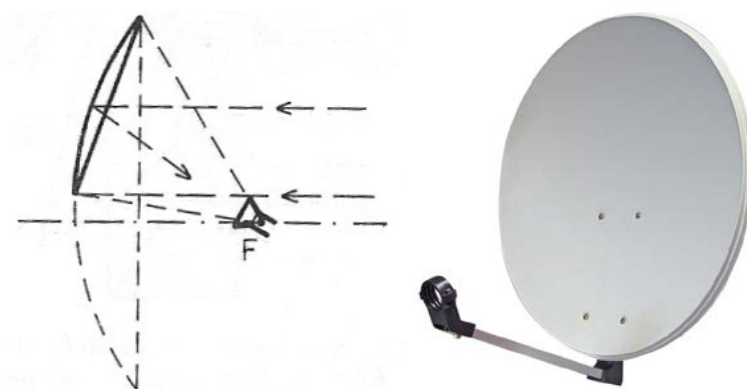
Otáčením paraboly kolem její osy symetrie vznikne kvadratická rotační plocha, zvaná rotační paraboloid. Ozařovač umístíme v ohnisku paraboly a vznikne jednoduchá přímo napájená parabolická anténa, jako je na obrázku 2.11. Charakteristickými vlastnostmi je její průměr a ohnisková vzdálenost. Průměr paraboloidu ovlivňuje výsledný zisk antény. Zářič v ohniskové vzdálenosti může anténu ozařovat buď přesně, nebo přezařovat, či dokonce nedozařovat, což se však nedoporučuje. Ozáření se volí tak, aby jeho intenzita klesala směrem od středu k okraji. Zisk antény rovněž závisí na způsobu uchycení zářiče a jeho velikosti, jelikož musí být umístěn v ohnisku, je to jedna z nevýhod tohoto typu antény. Problematické je také hromadění sněhu a námrazy ve spodní části antény, jelikož musí být nakloněna o elevační úhel. Díky těmto vlastnostem již není u společných antén používána, anténa je výhodná až od velkých ploch, proto se dnes používá jako vysílací u distribučních sítí.



Obr 2.11 – Rotační (středová) parabola

Ofsetová parabola

Vzniká jako průnik rotační kuželové plochy, jejíž vrchol leží v ohnisku rotačního paraboloidu, s tímto paraboloidem. Průnikem je elipsa. Ozařovač se nachází vně nebo na okraji svazku dopadajícího na parabolu, viz obrázek 2.12. To u malých antén vede ke zvýšení zisku a poklesu bočních laloků. Díky elevaci vychází montáž takové antény téměř svisle důsledkem čehož je, že se v ní nadržuje sníh nebo led. Ofsetová parabola je lehčí a vyrábí se nejčastěji z hliníku nebo železa. Obvyklé průměry jsou mezi 60-120cm, u společných antén se používají průměry okolo 100cm a výše. Při montáži musíme dbát na dobré kotvení stožáru, jelikož tato celokovová anténa představuje velkou větrnou zátěž.



Obr 2.12 – Ofsetová parabola

Více o družicových anténách v knize [3].

2.2 Hlavní stanice

Je srdcem celého systému. Konstrukce hlavní stanice pro společné antény je zásadně odlišná od konstrukcí pro individuální příjem, jsou na ni kladeny vyšší odborné i technické nároky. Zesílení signálu v hlavní stanici probíhá výhradně kanálově laděnými prvky, sloučení signálů z různých zdrojů se provádí výhradně slučovači. Kontrolní body umožňují pohodlnější údržbu a servis. Napájení zajišťuje jeden či více průmyslových napájecích zdrojů s vysokou účinností. Prvky hlavní stanice lze rozdělit na aktivní prvky (vyžadující napájení) a pasivní prvky.

Mezi aktivní prvky se řadí síťové napáječe, kanálové nebo pásmové předzesilovače, pásmové zesilovače, kanálové zesilovače, měniče frekvence, domovní širokopásmové zesilovače. S přechodem na digitální vysílání se zde zařadily zařízení jako pozemní či satelitní přijímače, modulátory a transmodulátory. Mezi základní parametry patří šumová čísla zesilovačů, jejich zisk a rozsah regulace, maximální výstupní úroveň (vybuditelnost) a šířka přenášeného pásma.

Důležitým faktorem je i příkon jednotlivých součástí, jakožto i účinnost napájecích zdrojů.

Mezi pasivní prvky patří rozbočovače, odbočovače, napájecí výhybky, oddělovací členy, kanálové filtry a útlumové články. Základními parametry těchto součástek je přenášené frekvenční pásmo, průchozí a rozbočný útlum, nebo oddělovací útlum.

Hlavní stanice je z praktických důvodů umístěna v blízkosti stožáru STA, na to bylo myšleno při návrhu panelových domů, kde jsou obvykle umístěny typizované rozvodnice při ústí stožáru. Rozvodnice disponují omezeným místem, které v době návrhu bylo sice dostatečné pro příjem několika pozemních TV stanic, avšak v současnosti, kdy se přijímá i několik desítek stanic a nejen z pozemských vysílačů, bývá její prostor často nedostatečný. Obvykle se tedy umísťují prvky HS do více skříní, které jsou umístěny v prostorech v blízkosti hlavní rozvodnice. Toto rozmístění/rozdělení je výhodné i z důvodu lepšího chlazení aktivních prvků.

2.2.1 Aktivní prvky

Síťové napáječe

Zdroje stejnosměrného stabilizovaného napětí pro napájení aktivních prvků v systému pro společný příjem. Při návrhu se zajímáme o technické parametry zdrojů, mezi které patří především jmenovité napětí a maximální proud, který je zdroj schopen přenést do zátěže. Podstatnou vlastností je účinnost zdroje, kterou vzhledem ke ztrátovému teplu, vyžadujeme co nejvyšší. Dále je to rozsah provozních teplot, čili zdroje musí splňovat technické parametry i při vyšší okolní teplotě. U systému pro společný příjem se využívá nejčastěji kvalitních průmyslových spínaných zdrojů, které poskytují vysoký výkon při zachování přijatelných rozměrů. Výhoda tohoto typu zdroje je v jeho vysoké účinnosti, nevýhoda je, že může být zdrojem rušivých signálů, které musí být na výstupu zdroje filtrovány dolní propustí.

Anténní předzesilovače

Jsou to zesilovače, které připravují signál pro další zesílení nebo zpracování. Slouží pro zesílení slabých signálů při použití dlouhého napáječe (kabelu) zlepšují tedy celkový odstup signálu ku šumu. Umísťují se co nejbližší k anténě, aby bylo dosaženo co nejnižšího poklesu úrovně přijímaného signálu. Vyrobeny jsou proto ve vodě odolném provedení, případně nahrazují symetrizační člen v anténě. Předzesilovače jsou typicky pásmové, existují však i kanálové. Napájeny jsou z hlavní stanice stejnosměrným proudem skrze napájecí výhybku, v minulosti se používalo napětí 24V, v současnosti typicky jen 9-14V. Zesílení předzesilovače se pohybuje v rozmezí 10-30dB, paradoxně bývá žádoucí spíše nižší zesílení (v případě pásmových

zesilovačů), jelikož předzesilovač nemá regulaci zisku, může snadno docházet k přebuzení zesilovače z blízkých vysílačů. Důležitým parametrem je šumové číslo, které ukazuje na kvalitu zesilovače, to se dnes pohybuje mezi 1,5-3dB, u společných antén je při výběru předzesilovače kladen důraz právě na nízké šumové číslo. Neméně důležitou vlastností je maximální vybuditelnost, předzesilovače nemají vysokou vybuditelnost, obvykle je lze vybudit na 95-105dB μ V. Snadno si lze z vybuditelnosti a zisku odvodit maximální úroveň signálu na vstupu, aby nedocházelo ke zkreslení.

Kanálové a pásmové zesilovače

Zesilují signál tak, aby jej bylo možno rozvést ve stejné kvalitě ke všem účastníkům, což v praxi představuje stejnou úroveň signálu u všech rozváděných stanic. Tomu v praxi vyhoví pouze kanálové zesilovače, které disponují regulací zisku. Za pásmový zesilovač v hlavní stanici lze dnes považovat pouze zesilovač pro rádiové stanice ve VKV pásmu. Kanálové zesilovače se vyznačují vysokým ziskem 30-50dB, který je plynule regulovatelný v rozsahu 15dB, zde je požadavek na maximální zesílení a zároveň co nejvyšší možnost regulace tak, abychom nemuseli používat útlumové články. Vybuditelnost je typicky kolem 120dB μ V, což pro je pro následný rozvod dostatečná hodnota. A to i s ohledem na rušivé vyzařování dané činitelem stínění následných komponent. Podstatným parametrem je příkon, který stanovuje potřebný výkon síťového napáječe, ale také celkově vyzářené teplo.

Měniče kmitočtu

Využívají principu směšování dvou kmitočtů (vstupního signálu a vlastního oscilátoru), vlastní kmitočet je volen tak, aby rozdílový kmitočet odpovídal přesně kanálovému rastru v nižších TV nebo STV pásmech. Využívají se tam, kde útlum rozvodné sítě ve IV. a V.TV pásmu je příliš vysoký a nelze vybudit zesilovače tak, aby účastníci měli požadovanou kvalitu signálu. Měnič bývá často kombinován i s vlastním zesilovačem, aby při převodu nedocházelo k útlumu, vstupní zesilovač také zabraňuje pronikání kmitočtu z oscilátoru zpět do antény. Mají obvykle nízkou vybuditelnost, proto se nevyhne použití kanálového nebo pásmového zesilovače.

Domovní širokopásmové zesilovače

Slouží k napájení účastnických rozvodů více signály, musejí mít proto vysokou vybuditelnost. Slouží pro korekci kmitočtové závislého útlumu, disponují tedy nejen regulovatelným ziskem, ale také náklonovými členy nebo plynulou regulací náklonu. Širokopásmový je zesilovač proto, že musí zesílit frekvence všech TV pásem. Obvykle je úroveň signálu z kanálových zesilovačů dostatečná a není domovního zesilovače potřeba, např. začínají-li rozvody v rozvodnici hlavní

stanice. Naopak pokud má dům více vchodů a mezi nimi kabelové převody pod střechou nebo rozvody začínají ve sklepech, je nutno kompenzovat útlum a náklon koaxiálního vedení právě širokopásmovým zesilovačem umístěným na začátku nebo po trase rozvodu. Napájen může být z hlavní stanice obdobně jako předzesilovač, nebo disponuje vlastním síťovým napáječem.

Modulátor

Zařízení, které z audio/video signálu v základním pásmu na vstupu (typicky RGB nebo kompozitní) vytváří modulovaný vysokofrekvenční signál PAL (Phase Alternate Line), který je možné zesílit a přenést rozvodnou sítí. Výstupní úroveň modulátoru by pro použití ve společných anténách měla být regulovatelná, maximální úroveň se pohybuje mezi 85 a 100dB μ V. Rozlišujeme modulátory na DSB (Double SideBand) s oběma postranními pásmy a SSB (Single SideBand) s jedním postranním pásmem. Pokud má modulátor obě postranní pásma, nemůžeme používat pro distribuci sousední spodní kanál. Další vlastností modulátoru je kanálové rozpětí, ve kterém je schopen pracovat. Některé výrobky umějí pouze IV. a V. TV pásmo, což vzhledem k aplikaci nemusí být dostačující, proto se volí ty, jež pracují i v III. TV pásmu a v pásmech STV (110-460MHz), které jsou vyhrazeny pro kabelové rozvody. Stále lze narazit i na modulátory s monofonním zvukem, které nejsou pro profesionální použití vhodné už vůbec.

Přijímač

Pracuje s přijatým digitálním signálem, který mění na analogový signál v základním pásmu. Součástí přijímače může být dekodér, přes který je veden digitální datový tok, dochází v něm k dešifrování požadované stanice. Rovněž může být součástí přijímače i modulátor, takže výstupem je rovnou vysokofrekvenční modulovaný signál, nevýhodou tohoto řešení je, že zabudovaný modulátor nemívá velké pracovní kanálové rozpětí ani regulaci výstupní úrovně.

Transmodulátor

Zařízení, jež převádí digitální signál na vstupu na digitální signál v jiné formě (normě). Dnes jde typicky o převod z normy DVB-S (Digital Video Broadcasting - Satellite) resp. DVB-S2 (Digital Video Broadcasting - Satellite Second Generation) na DVB-T (Digital Video Broadcasting - Terrestrial). Čili převod ze satelitní mezifrekvence (950-2150MHz) a modulačního schéma QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) resp. 8PSK (8 Phase Shift Keying) na kmitočty IV. a V. TV pásma a nejvyšší modulační schéma 64-QAM (64 Quadrature Amplitude Modulation). Nejvyšší modulační schéma, nejkratší ochranný interval a nejvyšší kódový poměr vnitřního konvolučního kódování se volí proto, aby byla dosažena maximální

kapacita 31,668Mbit uvnitř 8MHz multiplexu. Transmodulátory jsou vybaveny CI (Common Interface) slotem pro dekodér, takže jsou schopny datový tok vést přes dekodér a provést případné dešifrování, s vhodným dekodérem i více stanic.

2.2.2 Pasivní prvky

Rozbočovače, odbočovače

Rozbočovač rozděluje vysokofrekvenční signál rovnoměrně na své výstupy, kterých může být několik. Odbočovač naopak bezodrazně odděluje vlnovou energii z hlavního vedení do odbočky, vhodné užití např. jako kontrolní body v hlavní stanici. Základní vlastností obou součástí je přenášené kmitočtové pásmo, pro které jsou zaručeny výrobcem stanovené parametry, typicky všechny TV pásma, nebo TV pásma i satelitní mezifrekvence. Průchozí útlum udává, s jakou účinností dochází k rozbočení/odbočení, vazební útlum odbočovače pak udává, o kolik je nižší signál na výstupu odbočení oproti hlavnímu výstupu. Dalším podstatným údajem je, zdali je prvek schopný přenášet stejnosměrné napětí ze vstupu na výstup. Nepoužité výstupy by měly být zakončeny příslušnou impedancí.

Slučovač

Vyrábí se jako kanálový, pásmový a vícepásmový. Na vstupech kanálového slučovače je pevně laděná pásmová propust pro příslušný kanál, u pásmových a vícepásmových propustí to můžou být i dolní nebo horní propusti. Slučovač nachází využití pokud např. zesilujeme a zpracováváme v hlavní stanici odděleně signály ve VHF TV pásmech I. –III. spolu s UHF IV. a V. TV pásmy nebo pokud vytváříme modulátory vlastní kmitočty. Tedy potlačujeme parazitní signály vzniklé při zpracování, což vyjadřuje oddělovací útlum. Technickým parametrem je také průchozí útlum součástky nebo údaj, zda je stejnosměrně průchozí.

Napájecí výhybky

Vkládají stejnosměrné napětí do napáječe, aby jej bylo možno přenášet např. do anténního předzesilovače. Analogicky jsou schopny stejnosměrné napětí z vedení extrahovat. U výhybek nás zajímá průchozí útlum, případně útlum odrazu.

Kanálové filtry

Používá se při nebezpečí rušení vlivem blízkého vysílače. Na vstupu bývá několik laditelných pásmových zádrží, kterými dokážeme utlumit nežádoucí frekvence, na výstupu pak máme jen požadované kanály, které chceme zpracovávat, což je žádoucí např. z důvodu maximální

vybuditelnosti zesilovače. Součástku vybíráme dle průchozího útlumu a velikosti útlumu nežádoucích kmitočtů.

Útlumové články

Slouží pro kmitočtově nezávislé snížení úrovně o přesně stanovenou hodnotu v daném kmitočtovém pásmu. Použití nalézají na vstupech zesilovače, aby nedošlo k jeho přebuzení, nebo naopak na jeho výstupech, pokud nelze regulovat jeho zisk.

Oddělovací členy (izolátory)

Využívají se ke galvanickému oddělení vstupu a výstupu pomocí transformátorové vazby, která propouští pouze vysokofrekvenční signály typicky od 5MHz. Slouží k oddělení hlavní stanice, či jednotlivých částí rozvodné sítě. Dokáže přerušit uzemňovací smyčku, která by jinak vedla skrze vedení a vyvolávala by nežádoucí rušení, které se pak projevuje u analogových systémů. Izolátory hodnotíme dle průchozího útlumu a šířky přenášeného pásma. Jednodušší variantou součástky je tzv. DC Block, který na svůj výstup nepřenáší pouze stejnosměrnou složku.

2.3 Rozvodná síť

Je poslední neméně důležitou součástí celého systému, od rozvodů se odvíjí návrh hlavní stanice a její technické řešení. Základním stavebním kamenem sítě jsou použité kabely, obdobné typy se používají i jako přívodní kabely k anténám a konvertorům, mají např. dvojí plášť, nebo jako propojení v rámci rozvodnice. Pasivní prvky zajišťují větvení sítě, novým pasivním prvkem jsou účastnické zásuvky, na jejichž kvalitě podstatným způsobem závisí kvalita celé rozvodné sítě. Od topologie se odvíjí technické řešení hlavní stanice, obvykle jsme postaveni před situací, kdy musíme pracovat s již hotovou sítí a kompletní přestavba nepřichází z ekonomického hlediska v úvahu.

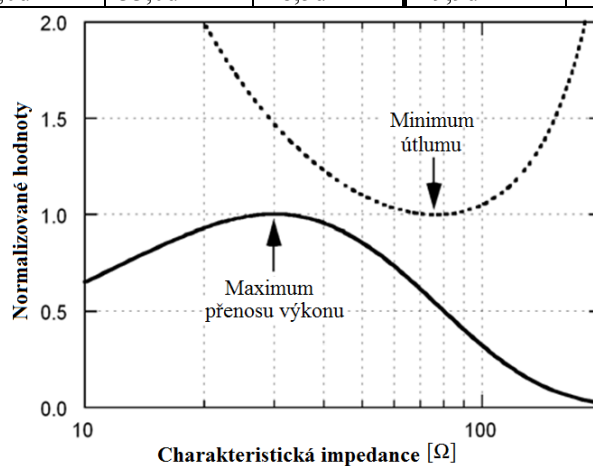
2.3.1 Kabeláž

V zásadě se používaly dva druhy napáječů. Symetrická vedení se vzduchovou nebo polyethylenovou izolací se jmenovitou impedancí 300Ω , tzv. televizní dvojlinka. Vyhovuje pouze pro nízké kmitočty, je citlivá na atmosférické jevy a snadněji přijímá poruchy, výhodou byla nižší cena oproti souosému vedení. U společných antén neujala a v současné době už se nevyrábí, dnes se výhradně používá souosý koaxiální kabel. Elektromagnetické pole se v něm rozprostírá mezi vnitřním vodičem a pláštěm, přenos energie je tedy stíněn uvnitř kabelu, který tak nevyzařuje ani nepřijímá poruchy. Souosý kabel je náchylný vůči rušení při poruše stínění, u

opletení např. vlivem mezer v pletivu, proto se dnes ujal kabely s pláštěm zhotoveným z hliníkové fólie, nebo se využívá dvojité stínění fólií i opletením. Impedance koaxiálního vedení byla zvolena 75Ω z důvodu nejnižšího útlumu a maximálního přenosu napětí do zátěže, viz obr 2.13. Střední vodič je měděný, horší kabely měly místo jednoho vodiče lanko, od čehož se postupně upustilo. Dielektrikum mezi středním vodičem a pláštěm má vliv na impedanci, protože mezi nimi nemůže být jen vzduch, snižuje dielektrikum impedanci dle jeho permitivity. Dříve se používala rourkobalónková (distanční vložky) izolace z různých plastových materiálů, plný nebo v současnosti nejpoužívanější pěnový polyetylén. Tabulka 2.2 nabízí srovnání útlumů tří vzorků koaxiálních vedení, v závislosti na použitých materiálech, a srovnání kvality výroby za posledních 20 let. Další informace o vf vedení lze nalézt např. v knize [6].

Tabulka 2.2: Srovnání útlumů koaxiálních kabelů

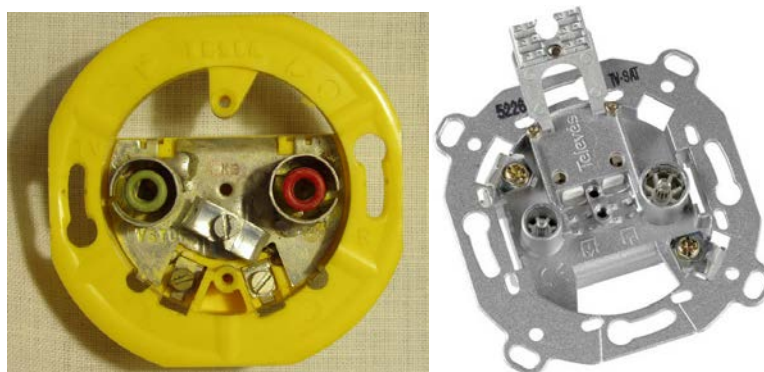
	90. léta, [4]			současnost, [8]		
Vzorek	1	2	3	1	2	3
Impedance	75Ω	75Ω	75Ω	75Ω	75Ω	75Ω
Vnitřní vodič Φ materiál	Cu	Cu	Cu	0,9mm Cu	0,7mm Cu	1,13mm Cu
Dielektrikum Φ materiál	4,8mm PE	3,7mm FPE	4,8mm FPE	4,75mm APE	3,20mm FPE	4,95mm FPE
Stínění	Cu	Cu	2x Al fólie	Al fólie	Al fólie	2x Al fólie
Vnější plášť Φ materiál	PVC	PVC	PVC+PE	6,5mm PVC	5,0mm PVC	7,0mm PVC+PE
Útlum 50MHz	6,0dB	7,5dB	4,4dB	5,0dB	7,2dB	4,0dB
Útlum 200MHz	12,5dB	17,1dB	10,8dB	10,0dB	12,7dB	7,5dB
Útlum 500MHz	21,5dB	26,0dB	13,5dB	15,8dB	20,3dB	12,2dB
Útlum 800MHz	29,0dB	33,0dB	18,5dB	19,9dB	26,3dB	15,6dB



Obr. 2.13 – Volba impedance koaxiálního vedení, [12]

2.3.2 Zásuvky

Velmi důležitá komponenta rozvodné sítě. Fyzicky se jedná se odbočovače s požadavkem na nízký průchozí útlum v širokém kmitočtovém spektru, velkým rozpětím vazebního útlumu a dobrými mechanickými vlastnostmi. Na výstupu je připojen rozbočovač na TV pásma (horní propust) a rozhlasová VKV pásma (dolní propust). V 60-70. letech se vyráběly pouze dva typy zásuvek – koncová (zakončena jmenovitou impedancí) a průběžná s jedním vazebním útlumem 3-5dB, které navíc byly použitelné maximálně do kmitočtů III. TV pásma. Tyto zásuvky pro vyšší TV pásma v kombinaci s kabeláží s relativně vysokým útlumem absolutně nevyhovovaly. Zásuvky vyráběné a používané v 80. - 90. letech na tom byly lépe, stále však měly např. vysoký průchozí útlum 3-4dB, který navíc s kmitočtem rostl, takže pro vyšší kmitočty vyhovovaly pouze pro omezený počet účastníků a také po konstrukční stránce nebyly příliš povedené. Dnes vyráběné zásuvky mají vazební útlum 4-20dB, takže lze pohodlně navrhovat svislé topologie (viz další podkapitola). Průchozí útlum je v V. TV pásmu přijatelných 1,5-2,5dB a konstrukce je celokovová, jak je patrné z obr. 2.14.



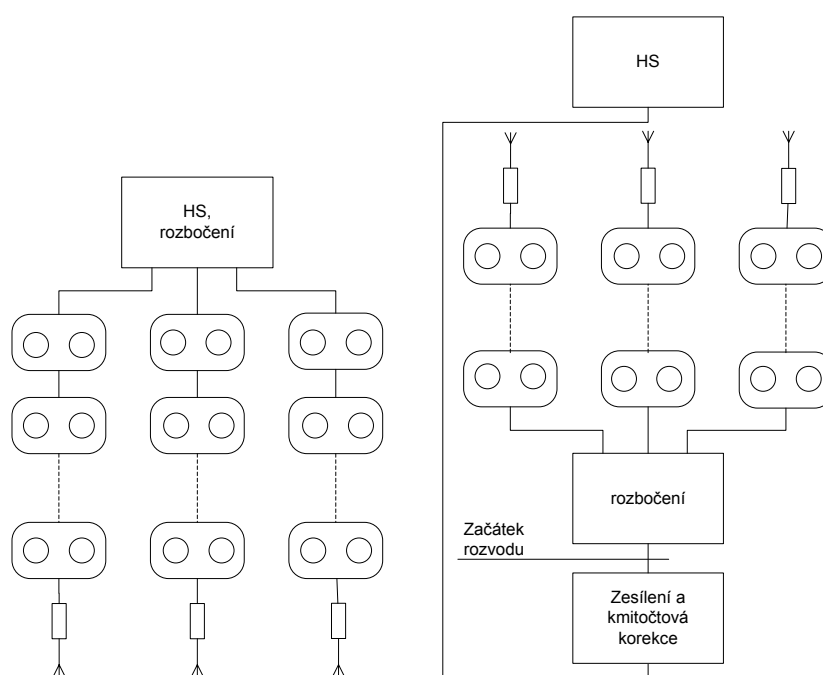
Obr. 2.14 – TV/R zásuvka, 40let starý typ (vlevo), současná výroba (vpravo)

2.3.3 Topologie

Svislý rozvod

Typický představitel topologie rozvodů u společných antén. Signál je v hlavní stanici rozbočen podle počtu bytů na podlaží (obvykle na 3 větve) jak ilustruje obr. 2.15. V jednotlivých bytech se nachází průchozí zásuvky a ty jsou mezi sebou propojeny svislými rozvody, poslední zásuvka v sérii je koncová, nebo zakončená jmenovitou impedancí. Toto řešení bylo ekonomicky výhodné, avšak náchylný na neodborné zásahy a poruchy zásuvek. Nedostatky řešení jsou patrné taky při přílišné délce svislého vedení, jelikož se signál už nedal po trase nijak zesílit a vykompenzovat kmitočtovou závislost útlumu. Vícepodlažní panelové domy stavěné od

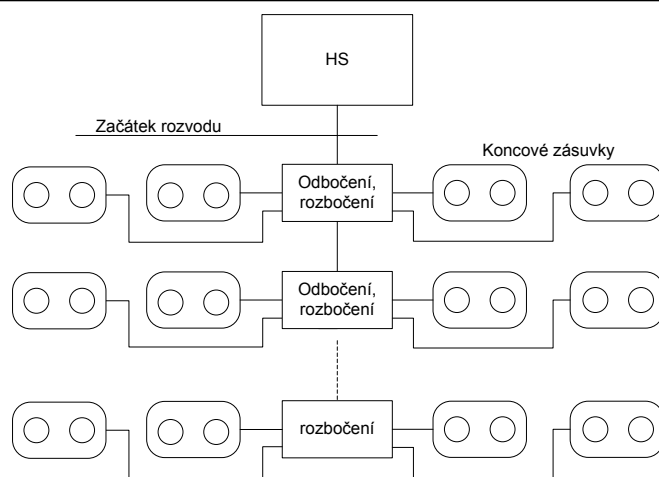
70. let byly typicky osazovány tímto typem rozvodů. Vznikaly ale i modifikace založené na tomto typu, právě například pro vysoké domy. Tam byl rozvod rozdělen na dvě poloviny, horní část byla konstruována, jak je uvedeno výše, ke spodní části vedl samostatný přívod. Následovat mohlo právě zesílení a kmitočtová korekce, a opět rozbočení na svislý rozvod. V budovách, kde rozvod vybudovala kabelová televize nebo kde byly vchody propojeny přes sklepní část domu, se svislé rozvody konstruovaly směrem nahoru. Přívod pak musel být veden z hlavní stanice až do sklepní části, nebyl problém provést korekci o útlum přívodního vedení.



Obr 2.15 – Svislý rozvod směrem dolů (vlevo) a jeho modifikace vzhůru (vpravo)

Vodorovný rozvod

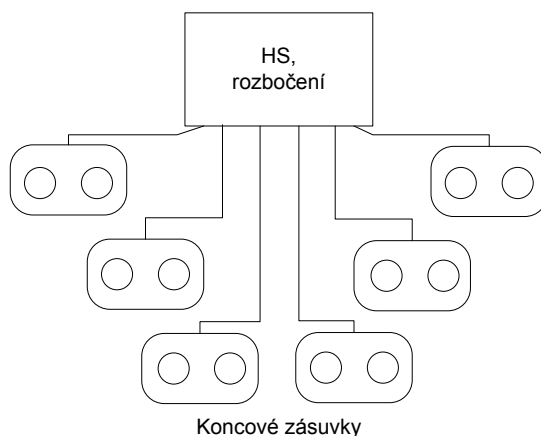
Hlavní svislý rozvod je v každém podlaží odbočen a rozbočen podle počtu účastníků, obvykle v rozvodnici k těmto účelům určené. Ke každému je veden vlastní přívodní kabel, na jehož konci je koncová zásuvka, situaci naznačuje obrázek 2.16. Výhodou je, že v rozvodnicích můžeme provádět dodatečné zesílení signálu, porucha na zásuvce účastníka nemusí znamenat rozsáhlou dysfunkci celé sítě a rovněž lze takové rozvody snadno sdílet s jinými poskytovateli služeb, takže odpadají náklady na budování více nezávislých rozvodných sítí. Nepříjemnou vlastností je, že při poruše na svislém vedení a pasivních prvcích na jeho trase dochází k rozsáhlému výpadku. Z ekonomického hlediska se jedná o zajímavou variantu především pro nízkopodlažní domy s velkým počtem účastníků.



Obr 2.16 – Vodorovný rozvod

Hvězdicový rozvod

Na začátku rozvodů nebo přímo v hlavní stanici, je signál rozbočen podle počtu účastníků. Ke každému účastníkovi je veden vlastní přívodní kabel a opět se používají pouze koncové zásuvky, jak je patrné z obrázku 2.17. Výhodou je naprostá kontrola toho co přivádíme do každé zásuvky, včetně možného rozvodu satelitní mezifrekvence, snadná lokalizace poruchy nebo odolnost vůči neodborným zásahům. Nevýhodou je ekonomická náročnost systému pro velký počet účastníků, v praxi se proto s touto topologií shledáváme pouze u nových instalací, a to u menších domů nebo v hotelových systémech. V minulosti se u společných antén hvězdicové rozvody nepoužívaly vůbec.



Obr 2.17 – Hvězdicový rozvod

Podrobnější informace o rozvodných sítích v STA lze nalézt v prezentaci [11].

3. Problémy spojené s digitalizací společných antén

Problematika stávajících zařízení pro společný příjem je založena především na tom, že komponenty systému pro společný příjem nevyhovují z kmitočtového hlediska. Používané antény jsou laděny na nízké kmitočty, zesilovače nezesilují kmitočty V. TV pásma a rozvodná síť se vyznačuje vysokým průchozím útlumem, rostoucím se zvyšujícím se kmitočtem. Pro digitální pozemní vysílání je typické vysílání pouze ve IV. a V. TV pásmu, je tedy jasné, že nutnou podmínkou bude, aby všechny komponenty systému pracovaly předvídatelně až do frekvence 862MHz. Toto by měla řešit tzv. přípravná fáze, které by se měla provést optimálně před vypnutím analogového vysílání, tj. kdykoli v souběžné době vysílání analogové i digitální podobě. V rámci přípravné fáze se realizuje souběžný rozvod analogového i digitálního vysílání, odhalí se případné nedostatky celého systému a vznikne dostatečný časový prostor pro jejich řešení.

Další nutné úpravy vyplývají z podstaty řešení společných antén – zesílení každého jednotlivého kanálu bývá provedeno zvlášť kanálovými zesilovači, to proto, aby byla jeho výstupní úroveň plynule korigovatelná. Kanálové zesilovače jsou laděny na pevně daný kanál. Potíže to způsobuje například v Moravskoslezském kraji, kde souběžné vysílání digitálních multiplexů 2,3 probíhá na dočasných kanálech, které budou v roce 2011 nahrazeny finálními kmitočty, což vyžaduje další zásah do společných antén. Kanálově laděné prvky musejí být nahrazeny popř. přeladěny, z čehož plynou pro majitele domů další náklady. Např. ve Středočeském kraji se začalo vysílat souběžně již na finálních kmitočtech, čili tyto úpravy nebyly potřebné.

Problémem je také dočasné vysílání se sníženým výkonem, v takových případech po navýšení výkonu je nutné korigovat zesílení kanálových zesilovačů, případně širokopásmových domovních zesilovačů. Typicky tato situace nastala v Ústeckém nebo opět v Moravskoslezském kraji, kdy došlo na vysílači Hošťálkovice na 54. kanále ke zvýšení výkonu z 16kW na 100kW. Důsledek zvýšení výkonu vysílače pro kanálový zesilovač je patrný v kapitole 3.1.

Digitální vysílače umí utvořit SFN (Single Frequency Network) jednofrekvenční síť. Postupně je tato síť rozšiřována o další vysílače, jmenujme např. SFN tvořenou z vysílačů Hladnov, Hošťálkovice a Lysá Hora v Moravskoslezském kraji. Problematický je příjem, pokud slabší signál z bližšího vysílače dopadne na anténu dříve, než přijímaný silnější signál, vzniká tzv. pre-echo, které v krajním případě způsobí kompletní znehodnocení příjmu. Problematický může být paradoxně příjem např. v okolí vysílače Hladnov ve směru od vysílače Hošťálkovice, jelikož

vysílače vysílají se stejnou polarizací, nelze nijak zeslabit vzdálený vysílač. Nabízí se pak otázka, proč není vysíláno s vertikální polarizací, jak je tomu u městských vysílačů v Praze a Brně.

Úprava v hlavních stanicích a případně na anténním systému musí být provedena, pokud se SFN rozšiřuje o vysílač, který by mohl způsobit pre-echo. Opět jmenujme Moravskoslezský kraj, kde v roce 2011 dojde ke spuštění vysílání multiplexů 2,3 z vysílače Hošťalkovice, který navíc bude disponovat desetinásobným výkonem oproti vysílači Hladnov. V mnoha příjmových místech bude vhodné přijímat právě tento vysílač, což povede u STA typicky ke změně zdrojové antény.

Proces digitalizace lze celkově označit jako nejkomplikovanější v Moravskoslezském kraji, z hlediska počtu nutných zásahů do systému společné antény. Vysílání zde v listopadu 2008 celkem nepochopitelně začalo na vysílači Hladnov, multiplexy 2,3 se nachází dočasných kmitočtech. V březnu 2009 začal multiplex 1 vysílat i z Hošťalkovic, nicméně se sníženým výkonem. Výkon byl zvýšen až od listopadu 2009. V roce 2011 teprve proběhne spuštění SFN multiplexů 2,3 z Hošťalkovic a změna na finální kmitočty, u multiplexu 3 to bude pravděpodobně až v listopadu. Pokud proces srovnáme s digitalizací v Praze, kde jsou od listopadu 2008 k dispozici multiplexy 1,2,3 na finálních kmitočtech, s pevně daným výkonem a v SFN u obou místních vysílačů. Nebo u městských vysílačů v Brně, kdy v listopadu 2008 bylo zahájeno vysílání multiplexů 1,2,3 v SFN a stálým výkonem, s tím že v prosinci 2009 byl multiplex 1 převeden na finální kmitočet. Je na místě konstatování, že zde v Moravskoslezském kraji plánování poněkud selhalo, což přineslo uživatelům STA zvýšené náklady na digitalizaci.

Zaměříme-li se na problematiku jednotlivých komponent STA, tak pro digitální vysílání budou zbytečné antény pro I.-III. TV pásma, které lze demontovat. Pokud se v systému nachází antény pro vyšší TV pásma, nic nebrání jejich využití pro příjem digitálního vysílání, pokud to jejich současný stav dovolí. Totéž platí o satelitních anténách, nicméně zde je digitalizace již hotova a analogový satelitní příjem je prakticky minulostí. Antény na Ku pásmo mohou být zachovány, nicméně konvertory původně pouze pro analogový příjem je nutné vyměnit za univerzální. V souvislosti s digitalizací je ale vhodná příležitost, jak v rámci přípravné fáze provést rekonstrukci celého anténního systému a prodloužit tak jeho životnost.

V hlavní stanici je realizováno zesílení signálů z jednotlivých zdrojů pozemního příjmu (antény, modulátory, transmodulátory) typicky kanálovým zesilovačem. Tyto zesilovače jsou z výroby laděny na zesílení přibližně 7MHz šířky pásma, tedy na zesílení analogového signálu. Šířka spektra DVB-T kanálu je však 7,61 MHz a kanálové zesilovače pro zesilování digitálních signálů jsou laděny na šířku pásma TV kanálu 8MHz. V kapitole 3.1 je provedena simulace této

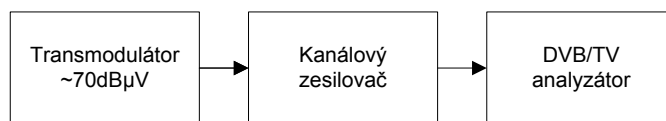
situace, měření a vyhodnocení, zdali lze využít i stávajících kanálových zesilovačů bez významného vlivu na kvalitu příjmu. Pochopitelně lze využít jen takové, které pracují v pásmu UHF, disponují dostatečným ziskem a jsou-li přeladitelné. Rozhodně tedy nemá smysl využívat např. staré TESA soupravy, které mají zisky jen kolem 25dB a navíc nebyly modely pro V. TV pásmo vůbec vyráběny. Dalším problematickým faktorem je vybuditelnost zesilovačů. Výrobci udávají v technické specifikaci vybuditelnost pro analogový signál. Pro digitální je vybuditelnost podstatně nižší. V kapitole 3.1 měřením bude zjištěna vybuditelnost kanálového zesilovače pro digitální signál, a to včetně závislosti na šířce pásma zesílení.

Satelitní analogové přijímače je nutné vyměnit za digitální s modulátorem na analogový vysokofrekvenční PAL nebo lépe za transmodulátor DVB-S/T, za předpokladu že nemáme v úmyslu rekonstruovat rozvody na topologii typu hvězda. Původní kabeláž v rámci hlavní stanice je vhodné vyměnit, jelikož v současnosti se používají typicky F-konektory na koncích kabelů, které jsou pro vysokofrekvenční aplikace vhodnější. Pasivní prvky pro pozemní příjem v hlavní stanici musí být konstrukčně vyhovující až do 862MHz, nicméně opět platí doporučení vyměnit je za novější s F-konektory.

U rozvodu se typicky nesnažíme předělat z minulosti danou topologii, protože by to bylo neekonomické. Nejčastěji se setkáváme se svislými a vodorovnými rozvody. Rozvody ze 70-80. let nevyhovují z kmitočtového hlediska pro kanály IV. – V. pásma, proto je na místě provést minimálně výměnu všech účastnických zásuvek. Koaxiální kabely mezi jednotlivými patry nebo účastníky měníme, pokud nevyhovují např. z důvodu nedostatečného stínění nebo útlumu. U novějších rozvodů se rozhoduje individuálně na základě měření.

3.1 Měření vybuditelnosti kanálového zesilovače

Po vypnutí analogového signálu, zůstávají v hlavních stanicích kanálové zesilovače, které jsou laděny na šířku pásma typicky 7MHz. Tyto zesilovače využít např. pro distribuci multiplexů vytvořených z programů, které lze přijímat z družic. Studie se zabývá, jaký vliv bude mít užší šířka pásma zesilovačů na výslednou bitovou chybovost (BER). Další potíží je, že výrobci stále udávají vybuditelnost zesilovačů pro analogový signál, pro digitální signál je vybuditelnost podstatně nižší, čili měřením zjistíme maximální možnou vybuditelnost a zároveň budeme studovat vliv šířky pásma na vybuditelnost. Zdrojovým signálem je výstup DVB-T signálu z transmodulátoru, který je zesílen kanálovým zesilovačem, na jehož výstupu se provádí měření. Blokové schéma měření je na obrázku 3.1.



Obr 3.1 – Blokové schéma měřicího řetězce

3.1.1 Použité přístroje

Spektrální analyzátor s tracking generátorem Advantest R3131, viz obr. I.1 v příloze I.

Kanálové zesilovače Engel řady AM5100 (vybuditelnost pro analogový signál 120dBμV, maximální zesílení 50dB±2dB), viz obr. I.2 v příloze I.

DVB-S/T transmodulátor Engel MS8810, viz obr. I.3 v příloze I.

DVB/TV analyzátor – Rover ST4 (47-2250MHz, 30-123dBμV, přesnost typicky 1dB, přesnost měření MER 0,2dB, minimální měřitelné BER před Viterbi $2 \cdot 10^{-5}$), viz obr. I.4 v příloze I.

3.1.2 Konfigurace přístrojů

Transmodulátor

Výstupní úroveň 70dBμV, 45. kanál

Použitý profil pro DVB-T: modulace 64-QAM, rychlost konvolučního kodéru 7/8, ochranný interval 1/32, šířka kanálu 8MHz, 8k mód (6817 nosných). Celková kapacita 31,67Mbit/s tj. nejvyšší možný profil, který je nejméně odolný vůči rušivým vlivům.

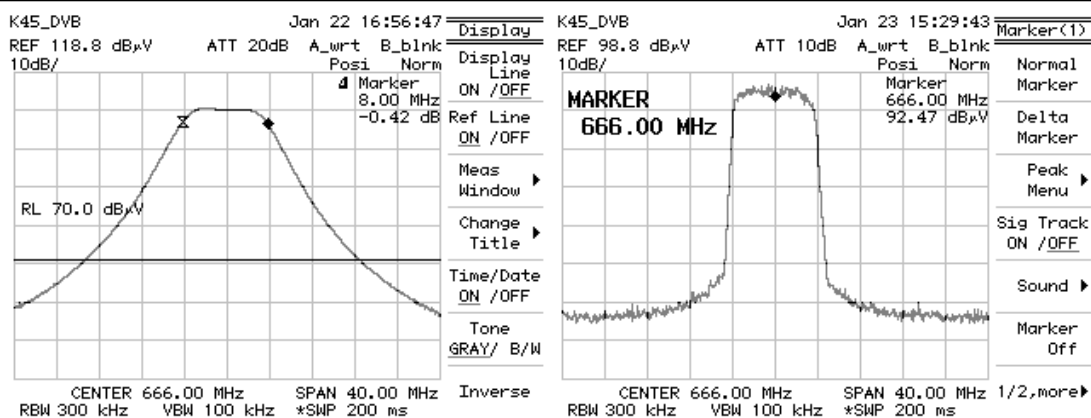
Kanálové zesilovače

Testovány 3 vzorky s rozdílnou šířkou pásma zesílení.

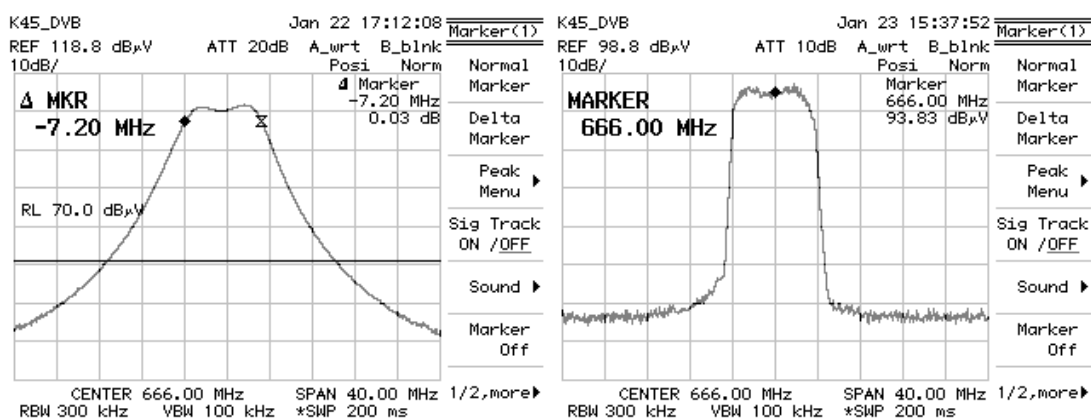
Vzorek 1, kus z výroby laděn pro digitální signál se šířkou pásma zesílení 8MHz. Viz obr 3.2.

Vzorek 2, kus z výroby laděn pro analog. signál se šířkou pásma zesílení 7MHz. Viz obr. 3.3.

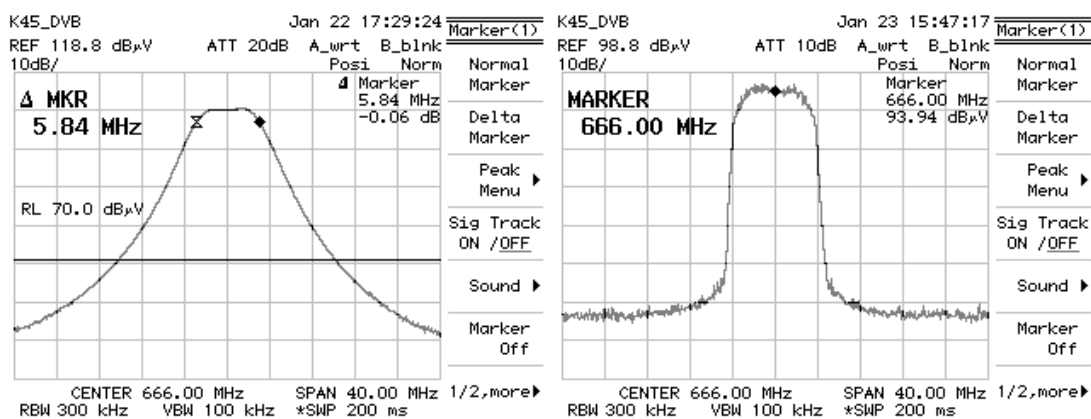
Vzorek 3, uměle zúžen na šířku pásma zesílení 6MHz. Viz obr. 3.4.



Obr 3.2 – Vzorek 1, vlevo amplitudově-frekvenční charakteristika zesilovače, vpravo frekvenční spektrum DVB-T na výstupu zesilovače



Obr 3.3 – Vzorek 2, vlevo amplitudově-frekvenční charakteristika zesilovače, vpravo frekvenční spektrum DVB-T na výstupu zesilovače



Obr 3.4 – Vzorek 3, vlevo amplitudově-frekvenční charakteristika zesilovače, vpravo frekvenční spektrum DVB-T na výstupu zesilovače

pozn. dle ETSI TR 101 290 [7]

Výkonové úrovně se správně vyhodnocují pomocí dlouhodobého průměrování a RBW by měla mít maximálně 30kHz, doporučuje se dokonce 4kHz, měřeno bylo ale s RBW 300kHz (limitace přístrojem – spektrální analyzátor). Výkonové úrovně naměřených hodnot jsou měřeny DVB analyzátozem, který tuto podmínku splňuje.

3.1.3 Měřené parametry

Úroveň signálu – střední hodnota napětí přijímaného signálu vzhledem k šířce pásma.

BER (Bit error ratio) – Počet chybných bitů z celkového počtu přijatých bitů za jednotku času, před viterbi dekodérem, pokud je hodnota větší než $2 \cdot 10^{-2}$, tak jsou v obraze patrné poruchy, pro modulaci 64-QAM a nejvyšší profil je tato hodnota nižší, za přijatelnou se považuje ještě $1 \cdot 10^{-3}$.

Noise margin – Vyjadřuje kolik gausovského šumu lze přidat do přijímaného signálu, aby chybovost před viterbi dekodérem byla $1 \cdot 10^{-4}$.

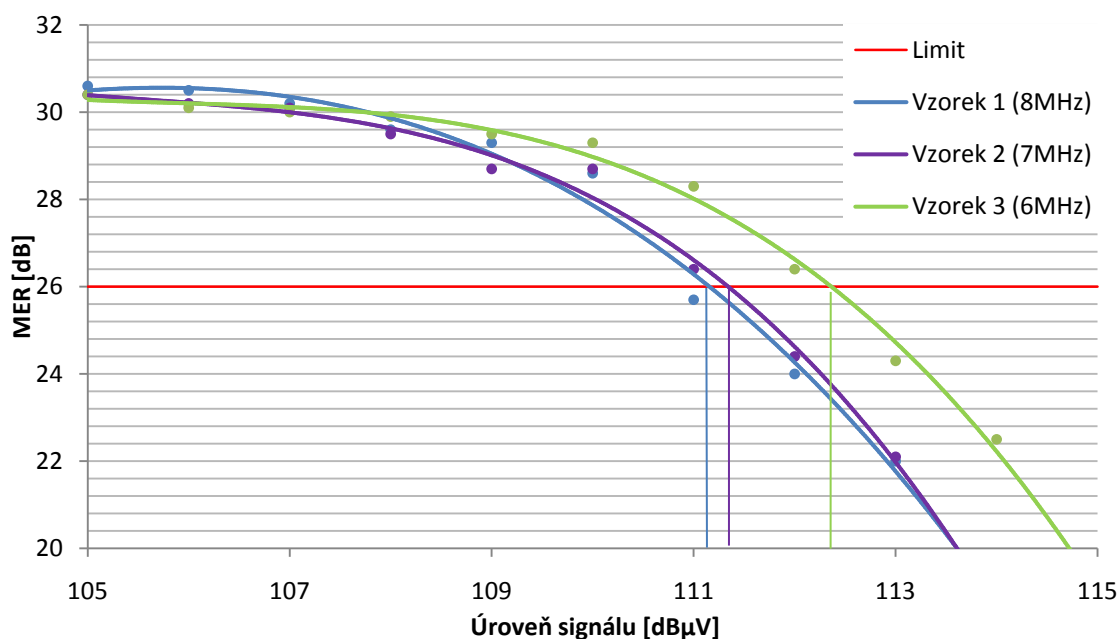
MER (Modulation error ratio) – reprezentuje odchylky přijímaného signálu od ideálního signálu neboli odchylky v I/Q diagramu od ideálního signálu. Vyjadřuje tak souhrnně kvalitu signálu, lze ji porovnávat s analogovou hodnotou SNR. Doporučená minimální hodnota závisí na použité modulaci, v případě nejvyššího profilu 64-QAM se doporučuje alespoň 26dB, při profilu s nižší rychlostí konvolučního kodéru např. 2/3 se doporučuje nejméně 22dB.

3.1.4 Naměřené hodnoty

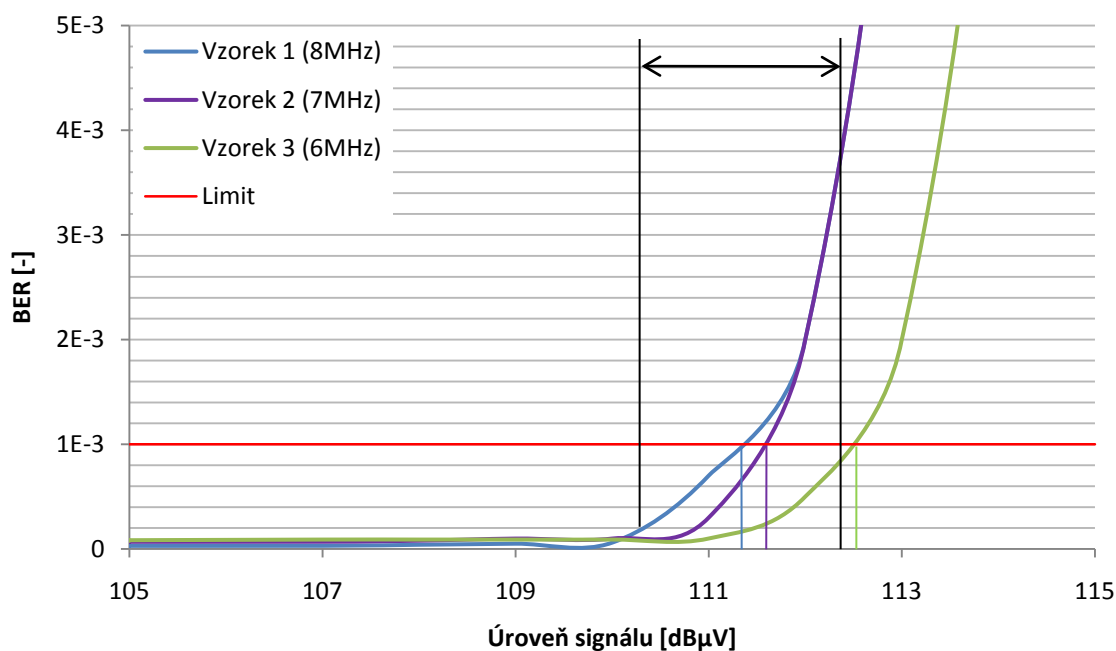
Tabulka naměřených hodnot viz tabulka II.1 v příloze II.

Na vstupu signál vykazuje BER $3 \cdot 10^{-5}$ a úroveň MER 31,4dB. Po zesílení vzorkem 1 (8MHz) vykazuje chybovost $3 \cdot 10^{-5}$ a úroveň MER 30,6dB. Po zesílení vzorkem 3 (6MHz) vykazuje chybovost $8 \cdot 10^{-5}$ a úroveň MER 30,4dB. Zúžení šířky pásma kanálového zesilovače z 8MHz na 7MHz nebo dokonce na 6MHz tedy nevede k dramatickému zhoršení bitové chybovosti a úrovni MER (při nejvyšším možném profilu), lze tedy říci, že stávající kanálové zesilovače (typicky se 7MHz šířkou pásma) lze bez potíží využít k zesilování digitálních televizních signálů.

Plynulým zvyšováním zesílení za hranici vybuditelnosti vznikají grafy na obrázcích 3.5 a 3.6.



Obr 3.5 – Graf závislosti MER na úrovni signálu a šířce pásma zesílení



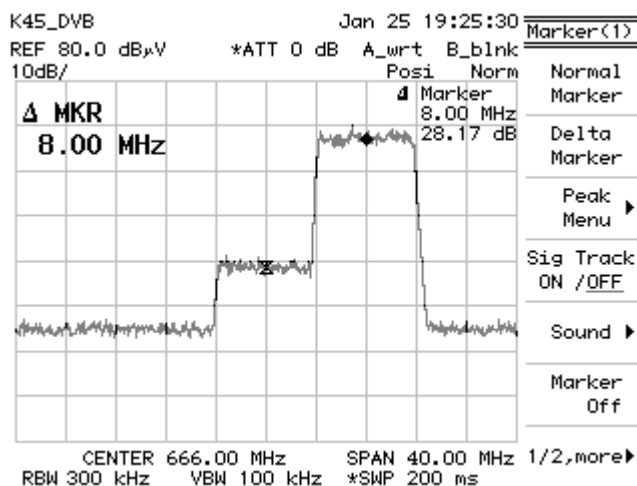
Obr 3.6 – Graf závislosti BER na úrovni signálu a šířce pásma zesílení

Vybuditelnost kanálového zesilovače je pro digitální signály podstatně nižší, přibližně o 10dB menší než pro analogové signály. Pokud bychom použili kanálový zesilovač se šířkou pásma 6MHz, lze dosáhnout nepatrně vyšší vybuditelnosti viz obrázky 3.5 a 3.6, což se však v praxi

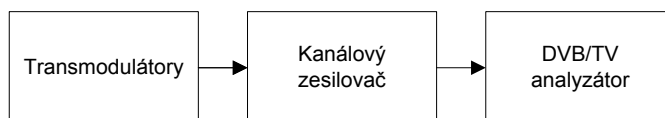
nevyužívá. Pokud dojde k překročení vybuditelnosti, dojde v rozsahu necelých 3dB k naprosté ztrátě příjmu, čili při realizaci se musí nechat dostatečná rezerva pro případné kolísání úrovně signálu v místě příjmu.

3.2 Simulace dálkového příjmu

Dálkový příjem zahraničních stanic je v pohraničí běžná věc a tento stav zůstane i po přechodu na digitální vysílání. Pokud jsou ale kanálově tyto multiplexy hned vedle signálů z místních vysílačů, což se nezdá, kdy stává, je příjem technicky náročnější. Rozdíl úrovně signálu mezi slabým dálkovým příjmem (v této modelové situaci reprezentované signálem na 45. kanálu) a v tomto případě nežádoucím signálem na 46. kanálu, jak ilustruje obrázek 3.7, bývá běžně 30dB a více. Zesílení užitečného signálu v takovém případě vyžaduje výbornou selektivitu zesilovače. Současně s užitečným signálem se zesiluje parazitní signál, který narazí na vybuditelnost zesilovače a znemožní tak další zesílení požadovaného kanálu. Předpoklad je, že menší šířka pásma zesilovače např. 6MHz, bude zesilovat parazitní signál méně a umožní tak celkově vyšší vybuditelnost užitečného signálu. Blokové schéma měření je na obrázku 3.8. Použité přístroje se od předchozího měření neliší.



Obr 3.7 – Modelová situace dálkového příjmu slabého multiplexu



Obr 3.8 – Blokové schéma měřícího řetězce

3.2.1 Konfigurace přístrojů

Transmodulátory

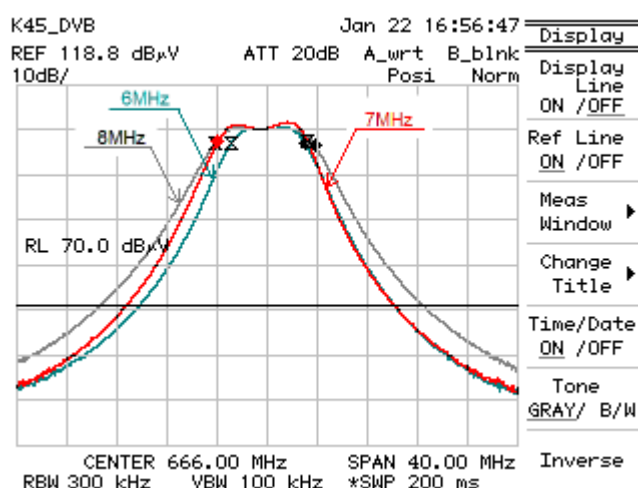
Výstupní úroveň 45dB μ V na 45. kanále, 75dB μ V na 46. kanále

Použitý profil pro DVB-T: modulace 64-QAM, rychlost konvolučního kodéru 2/3, ochranný interval 1/4, šířka kanálu 8MHz, 8k mód (6817 nosných). Celková kapacita 19,9Mbit/s tj. profil, kterým se typicky vysílá v ČR.

Kanálové zesilovače

Testovány 3 vzorky s rozdílnou šířkou pásma zesílení, viz obrázek 3.9.

Vzorek 1, kus z výroby laděn pro digitální signál se šířkou pásma zesílení 8MHz, v obrázku reprezentován šedou barvou. Vzorek 2, kus z výroby laděn pro analogový signál se šířkou pásma zesílení 7MHz, v obrázku reprezentován červenou barvou. Vzorek 3, uměle zúžen na šířku pásma zesílení 6MHz, v obrázku reprezentován zelenou barvou.



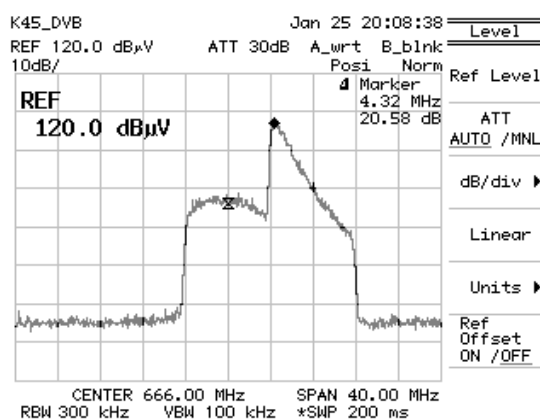
Obr 3.9 – Amplitudově-frekvenční charakteristiky použitých vzorků

3.2.2 Naměřené hodnoty

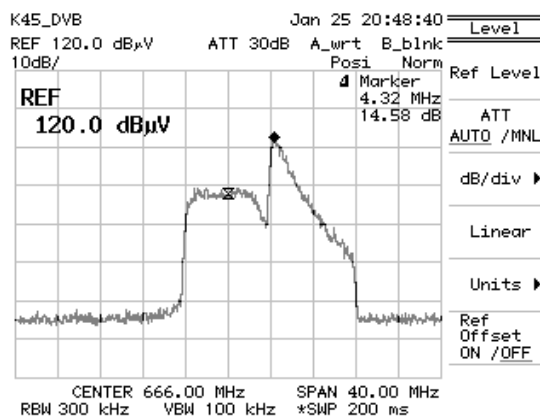
Tabulka naměřených hodnot viz tabulka II.2 v příloze II.

Na obrázcích 3.10-12 se nachází frekvenční spektrum kanálů 45 a 46 po zesílení kanálovým zesilovačem laděným na 45. kanál s různou šířkou pásma zesílení. Marker představuje rozdíl mezi úrovní užitečného a nežádoucího signálu. Tento rozdíl je nejvyšší u 8MHz vzorku, proto parazitní signál narazí na vybuditelnost zesilovače, který začne vyvolávat fázová zkreslení, což

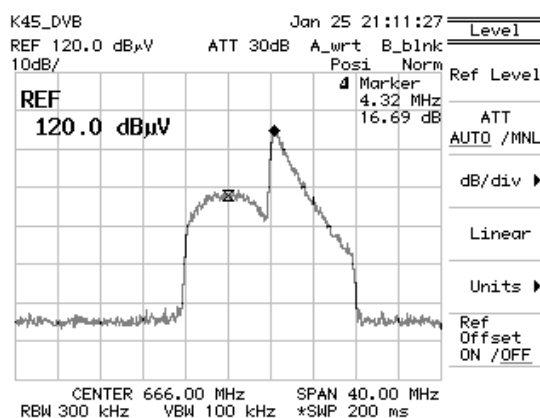
bude vést k většímu poklesu MER a dřívějšímu nárůstu BER, což je patrné z grafů 3.13 resp. 3.14.



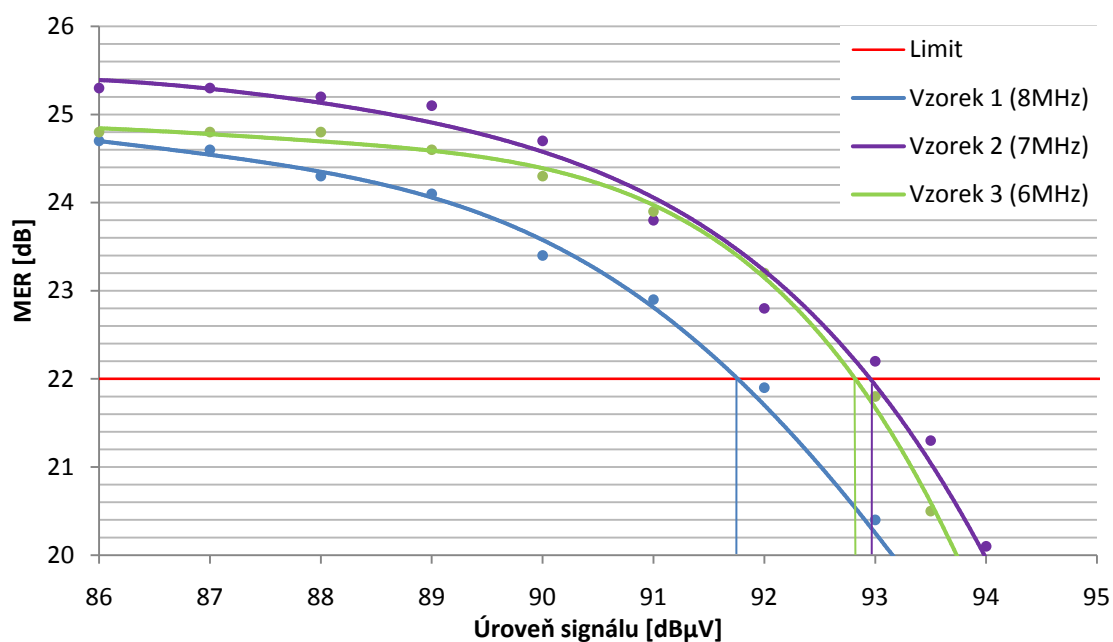
Obr 3.10 – Frekvenční spektrum po zesílení vzorkem 1



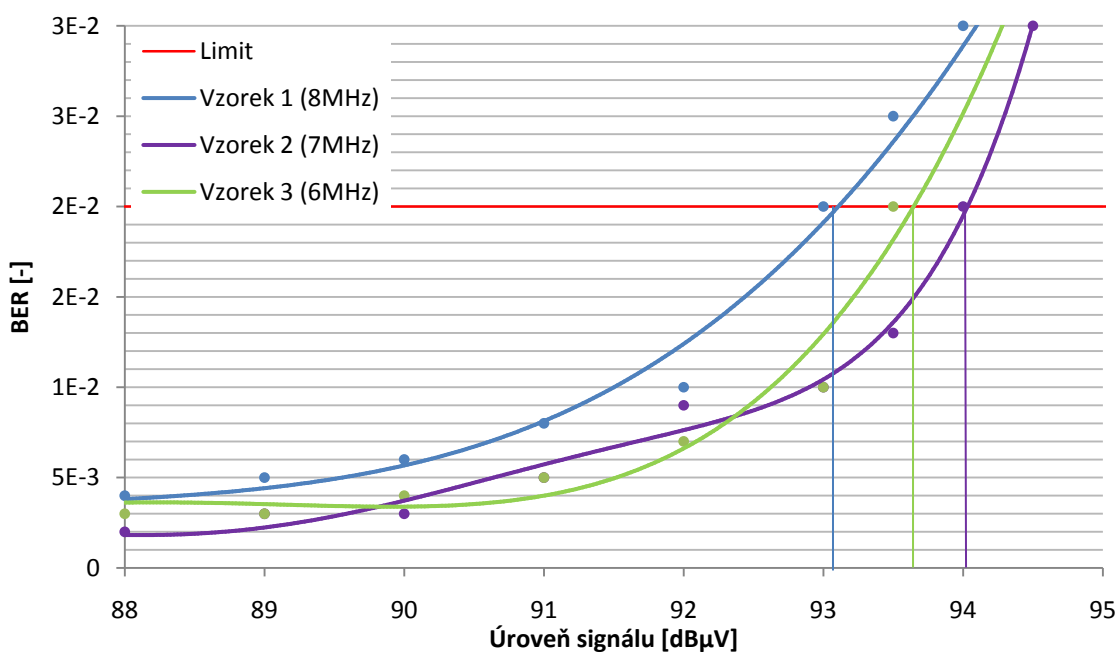
Obr 3.11 – Frekvenční spektrum po zesílení vzorkem 2



Obr 3.12 – Frekvenční spektrum po zesílení vzorkem 3



Obr 3.13 – Graf závislosti MER na úrovni signálu (vybuzení) a šířce pásma zesílení



Obr 3.14 – Graf závislosti BER na úrovni signálu (vybuzení) a šířce pásma zesílení

Nejlépe danou situaci zvládl zesilovač se šířkou pásma 7MHz laděný na analogový signál, který je výhodný využít v případě, že nežádoucí silný signál je o kanál výše, protože není laděn symetricky na 8MHz kanál, což je patrné z obrázku amplitudově-frekvenční charakteristiky

zesilovače (obrázek 3.9). Vykazuje tak nejnižší rozdíl mezi maximy úrovní v obou kanálech (obrázek. 3.11), což vede k vyššímu možnému vybuzení.

Pokud by rušivý kanál byl o kanál níže, tak zde by výsledek byl patrně srovnatelný se zesilovačem laděným na celých 8MHz symetricky (obrázek 3.10), zde by tedy doporučení znělo posunout propusti kmitočtově nahoru přibližně o 1MHz a šířku pásma ponechat na 7MHz. V každém případě z obou těchto situací vychází využití zesilovače s plnou šířkou pásma 8MHz nejméně výhodně, neboť je také nejvíce zesilován parazitní signál. Nižší šířka pásma vzorku se v praxi neuplatní.

3.3 Vybuditelnost širokopásmových zesilovačů

Zde se zaměříme na další důležitý typ zesilovače, který se v rozvodech STA nachází. Vybuditelnost širokopásmového zesilovače je závislá na počtu signálů, které jsou zesilovány. Tuto skutečnost zohledňuje tzv. redukční faktor zesilovače, který udává, o kolik musíme maximální vybuditelnost ponížít, aby byla zachována kvalita signálu. U analogových signálů se za hranici vybuditelnosti zesilovače považuje, když odstup intermodulačních produktů 3. řádu dosáhne 60dB. U digitálních signálů pozorujeme zhoršování MER, BER a SNR.

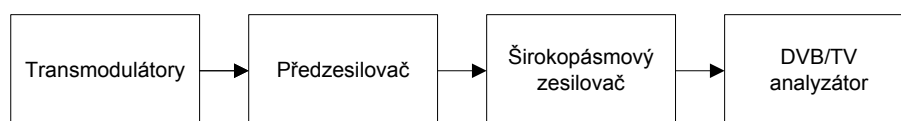
Z knihy [5] vyplývají vztahy pro výpočet redukčního faktoru, je-li zesilovač buzen analogovými signály.

$$RF = k \cdot \log(m - 1) \quad [\text{dB}; -] \quad (3.1)$$

Kde m je počet zesilovaných analogových TV signálů.

Koeficient k je stanoven následovně: $k=10$ pro synchronizované TV signály, $k=5$ pro nesynchronizované TV signály a $k=7,5$ jako průměr pro signály z více zdrojů. To vše pro odstup intermodulačních produktů 3. řádu 60dB.

V měření budeme sledovat, jaký koeficient k bude vhodný využít pro zesilování digitálních signálů, a jaká je vybuditelnost zesilovače se zapojením push-pull pro digitální signály. Blokové schéma měření je na obrázku 3.15.



Obr 3.15 – Blokové schéma měřicího řetězce

3.3.1 Použité přístroje

Spektrální analyzátor s tracking generátorem Advantest R3131, viz obr. I.1 v příloze I.

Širokopásmový zesilovač Terra HA126 (vybuditelnost pro 1 analogový signál dle normy DIN45004B 117dB μ V, maximální zesílení 34dB, šířka pásma zesílení 47-862MHz), viz obr. I.5 v příloze I.

DVB-S/T transmodulátory Engel MS8810, viz obr. I.3 v příloze I.

DVB/TV analyzátor – Rover ST4 (47-2250MHz, 30-123dB μ V, přesnost typicky 1dB, přesnost měření MER 0,2dB, minimální měřitelné BER před Viterbi $2 \cdot 10^{-5}$), viz obr. I.4 v příloze I.

3.3.2 Konfigurace přístrojů

Transmodulátory

Výstupní úroveň za předzesilovačem 105dB μ V; použité kanály 38,40,42,44,46

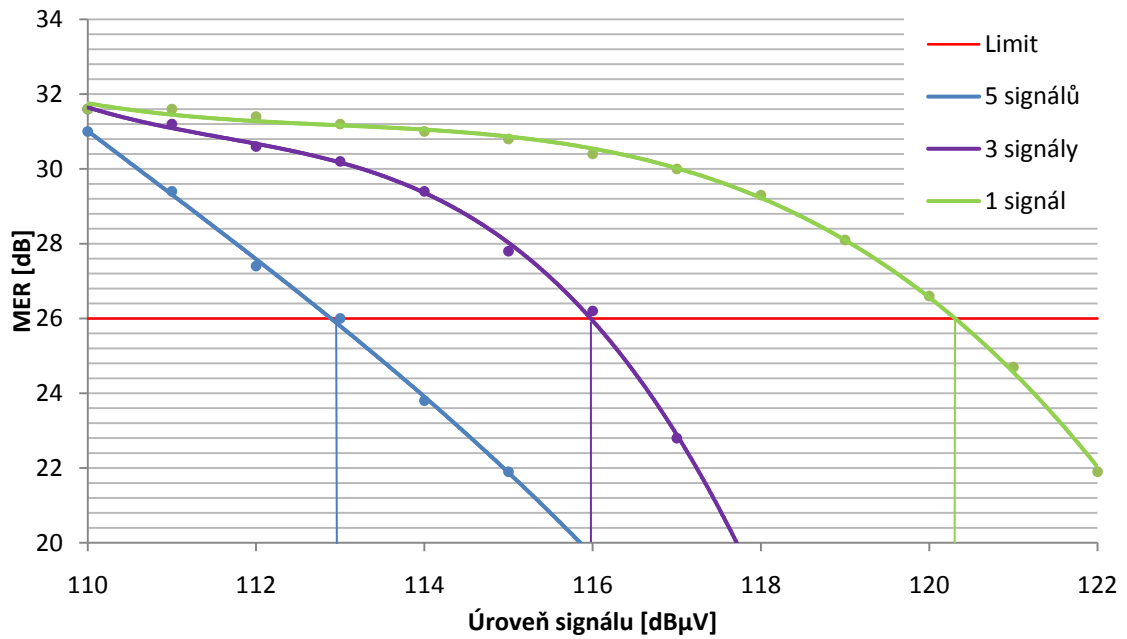
Použitý profil pro DVB-T: modulace 64-QAM, rychlost konvolučního kodéru 7/8, ochranný interval 1/32, šířka kanálu 8MHz, 8k mód (6817 nosných). Celková kapacita 31,67Mbit/s.

3.3.3 Naměřené hodnoty

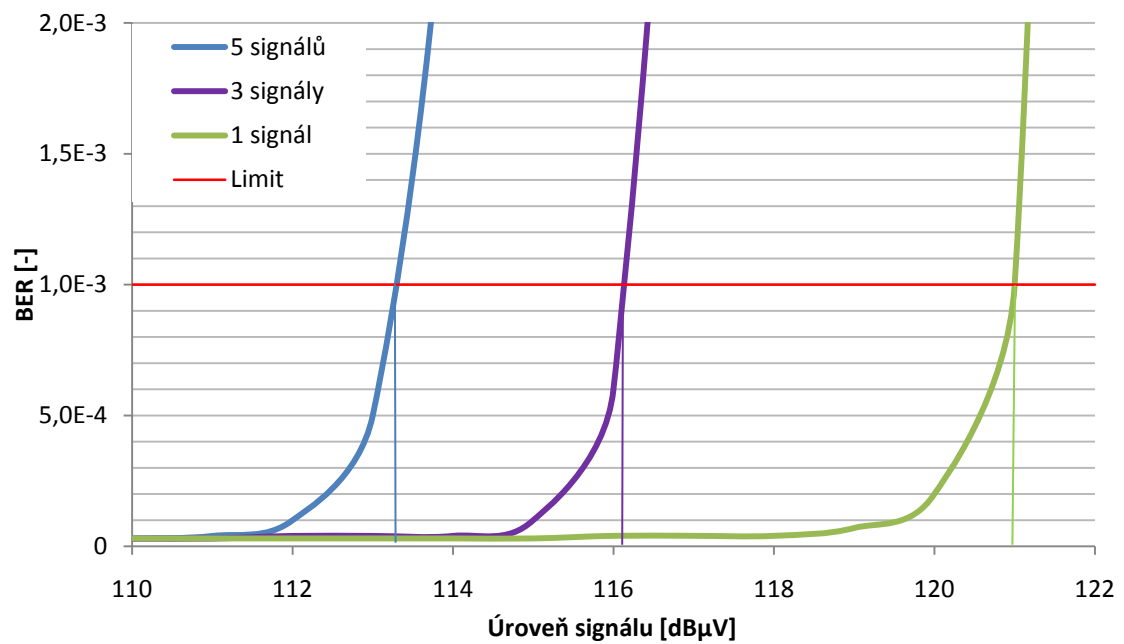
Tabulka naměřených hodnot viz tabulka II:c.

Plynulým zvyšováním zesílení za hranici vybuditelnosti vznikají grafy na obrázcích 3.16 a 3.17. V grafech je vyznačen průběh MER resp. BER, který byl naměřen na nejvyšším kmitočtu, který vykazuje mírně rychlejší ztrátu kvality a je tak pro toto měření určující.

Maximální vybuditelnost širokopásmového zesilovače je paradoxně vyšší, je-li přenášen pouze digitální signál. Na druhou stranu s rostoucím počtem přenášených digitálních signálů, klesá vybuditelnost rychleji, změřený koeficient k u redukčního faktoru se pohyboval v mém případě mezi 10-14, což je podstatně více než typicky užívaných 7,5 u analogových signálů. Detailní přehled nabízí tabulka 3.1.



Obr 3.16 – Graf závislosti MER na úrovni signálu a počtu zesilovaných signálů



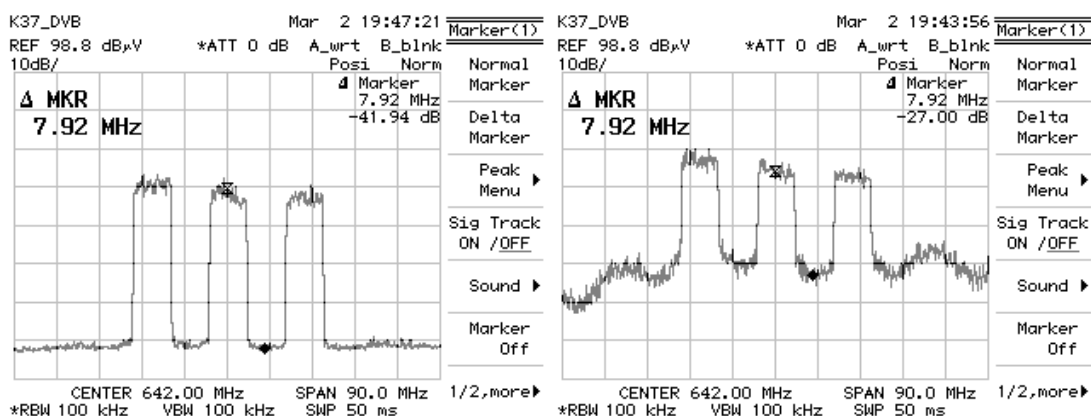
Obr 3.17 – Graf závislosti BER na úrovni signálu a počtu zesilovaných signálů

Tabulka 3.1: Naměřené vybuditelnosti, redukční faktory a koeficienty k při různých úrovních MER

Naměřená vybuditelnost při MER = 30dB	117dB μ V	Naměřený RF	Změřený k
Vybuditelnost při 3 signálech	113,3dB μ V	3,7dB	12,3
Vybuditelnost při 5 signálech	110,6dB μ V	6,4dB	10,6
Naměřená vybuditelnost při MER = 28dB	119dB μ V	Naměřený RF	Změřený k
Vybuditelnost při 3 signálech	115dB μ V	4dB	13,3
Vybuditelnost při 5 signálech	111,7dB μ V	6,3dB	10,5
Naměřená vybuditelnost při MER = 26dB	120,3dB μ V	Naměřený RF	Změřený k
Vybuditelnost při 3 signálech	116dB μ V	4,3dB	14,3
Vybuditelnost při 5 signálech	113dB μ V	6,3dB	10,5

Na obr. 3.18 je patrný nárůst šumového pozadí, pokud se přibližujeme k hranici vybuditelnosti. Digitálnímu signálu nevadí nárůst tohoto pozadí tak jako analogovému, z obrázku napravo vidíme situaci při vybudění tří signálů na 116dB μ V, digitální signál stačí ještě opravit chyby a není to na obrazu patrné, zatímco analogovému signálu by naměřený poměr SNR 27dB v žádném případě nestačil.

Z toho plyne důležitá věc, že širokopásmový zesilovač nelze v hybridních sítích (analogový + digitální signál) využít na maximum, jelikož bychom znehodnotili analogové signály. V tomto konkrétním případě bychom museli snížit vybudění zesilovače přibližně o 6dB.



Obr 3.18 – Frekvenční spektrum při úrovni signálu 110dB μ V (vlevo) a při zesílení na hranici vybuditelnosti (vpravo)

4. Návrh optimálního řešení STA

Nejprve je potřeba specifikovat modelovou situaci, která bude rozpracována. Zvolen byl panelový dům, jehož společná televizní anténa napájí dva vchody. Dům je osmipodlažní a v rámci podlaží se nachází tři bytové jednotky. V každé bytové jednotce se nachází jedna televizní zásuvka typu PZX11 (resp. koncová PZX01), ty jsou mezi sebou propojeny koaxiálním kabelem, jehož útlum budeme uvažovat stejný jako vzorek 1 z 90. let v tabulce 2.2. Topologie rozvodné sítě je svislý rozvod, tak jako je to na obr. 2.16. Připojení druhého vchodu je řešeno převodním koaxiálním kabelem vedeným pod střechou domu, o celkové délce 30m, tento kabel byl vystaven postupem času pravděpodobněji vnějším vlivům, proto budeme uvažovat jeho útlum o 10dB/100m vyšší, než stejný kabel v rozvodech.

Na střeše domu se nachází televizní anténa pro UHF pásmo, která je namířena na vysílač Hošťálkovice a přijímala tak pozemské analogové vysílání 4 celoplošných stanic. Dále je na stožáru umístěna satelitní anténa – offsetová parabola o rozměrech 90x100cm, která umožňuje příjem německých analogových FTA (Free-to-air) stanic z družice Astra 19,2E.

Hlavní stanice zajišťuje kanálové zesílení 4 analogových stanic z pozemního příjmu, zesilovače mají maximální zesílení 40dB a vybuditelnost pro analogový signál 117dBμV v pásmu UHF. Analogový satelitní příjem je realizován pomocí přijímačů, které vytvářejí modulovaný PAL signál do VHF pásem (III. TV pásmo, Speciální TV pásma I-III., což není podstatné). Tyto signály jsou širokopásmově zesíleny pomocí zesilovače, který vyhovuje pouze pro nižší kmitočty, než je IV. TV pásmo. Signály z pozemního a satelitního příjmu jsou sloučeny pomocí UHF/VHF slučovače, který je napojen na začátek rozvodu představovaným odbočovačem, který vyvažuje signál mezi oba vchody.

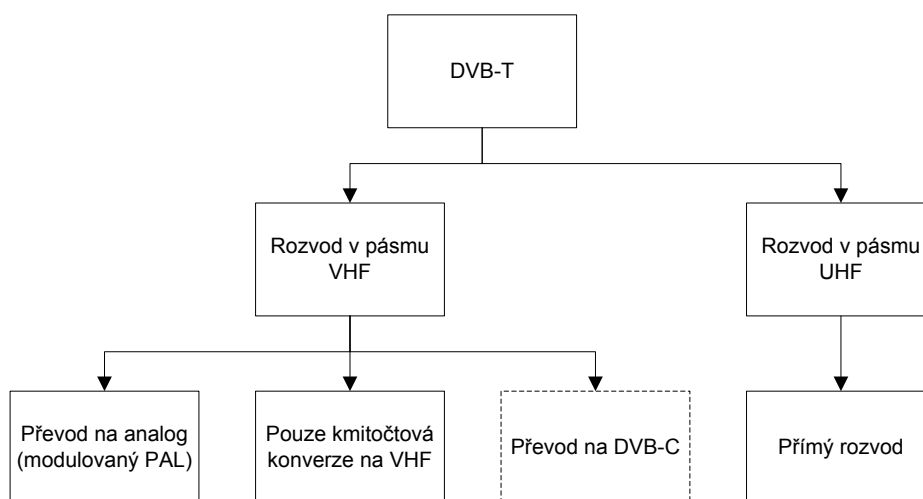
Nyní, vzhledem k postupnému vypnutí analogového pozemního i satelitního vysílání, je vhodný čas na modernizaci společné antény tak, aby byl zajištěn příjem signálu v digitální podobě. Společenství vlastníků požaduje zajistit příjem pozemsky vysílaných multiplexů 1-4 a zajistit příjem cca 8 zahraničních stanic ze satelitu, které jsou nekódované a nahradí svým obsahem stávající analogový družicový příjem.

4.1 Možnosti řešení

4.1.1 Pozemní příjem

V Evropě byla jako standard digitálního televizního vysílání skupinou JTC (Společný technický výbor skládající se z ETSI, CENELEC a EBU) ustanovena rodina DVB. Ta slučuje otevřené standardy pro digitální vysílání, jež se používají především v Evropě. U pozemního příjmu se tedy budeme dále bavit výhradně o řešení příjmu ve standardu DVB-T.

Obrázek 4.1 zjednodušeně nastiňuje možnosti řešení digitálního příjmu v závislosti na užitém pásmu rozvodné sítě. V praxi se uplatňují tři varianty – přímý rozvod v IV. resp. V. TV pásmu, kmitočtová konverze do nižších TV a STV pásem a poslední variantou je převod na modulovaný PAL signál do nižších TV a STV pásem.



Obr. 4.1 – Možnosti řešení příjmu DVB-T v systémech pro společný příjem

Varianta převodu na analogový modulovaný PAL signál

Pro modelovou situaci to znamená převést 12 TV stanic, které se v současné době nachází v multiplexech 1-4. Hlavní stanice v STA musí být doplněna o tento počet přijímačů a modulátorů. Signál je nutné sloučit pevně laděným slučovačem, ty se typicky vyrábí s maximálně 5 vstupy. Výhody a nevýhody řešení znázorňuje tabulka 4.1.

Tabulka 4.1: Výhody a nevýhody převodu na analogový modulovaný PAL signál

Výhody	Nevýhody
Poměrně levné řešení pro příjem max. 5 stanic.	Méně kvalitní obraz než u zcela digitálního příjmu.

Koncový uživatel nemusí mít digitální přijímače pro každý televizor v domácnosti.	Nemožnost příjmu ve vysokém rozlišení (ČT, Nova v multiplexu 4).
Nízké nároky na rozvody.	Neekonomické řešení pro větší počet programů.
Levné řešení příjmu v nízkém rozlišení a video formátu MPEG-4.	Není jisté, jestli nové televizory budou podporovat i analogový příjem. Spotřeba elektrické energie. Žádné doplňkové služby DVB-T (EPG, Více zvukových stop). Problém s formáty obrazu (16:9 vs. letter box). Nemožnost šíření placených kódovaných stanic přímo k abonentovi. Změna obsahu multiplexu znamená nutnost zásahu (typicky přeladění) přijímačů v hlavní stanici. Občasné blokace přijímačů, které vyžadují restartování.

Metoda byla výhodná v prvotních fázích digitalizace (v letech 2008-2009), kdy byla cena digitálních přijímačů poměrně vysoká a penetrace moderních televizorů, s vysokým rozlišením a zabudovaným digitálním tunerem, nízká. V současnosti má velmi mnoho nevýhod a pro nové realizace se jeví rozvod analogového signálu jako neperspektivní. Využít ji lze pouze při převodu velmi malého počtu stanic.

Kmitočtová konverze DVB-T do nižších TV a STV pásem

Převod 4 multiplexů do nižších TV pásem, např. do III. TV pásma pomocí 4 konvertorů DVB-T/DVB-T. Nutné zvolit kmitočtový rastr 8MHz. Výhody a nevýhody řešení znázorňuje tabulka 4.2.

Tabulka 4.2: Výhody a nevýhody kmitočtové konverze DVB-T/DVB-T

Výhody	Nevýhody
Poměrně levné řešení pro příjem malého počtu multiplexů a rozsáhlé rozvody.	Nutnost pořízení digitálního přijímače podporujícího 8MHz šířku kanálu v pásmu VHF.
Pro konverzi lze využít i stávající měniče pro analogový příjem, které mají oscilátor s krystalem.	Riziko nekompatibility plynoucí s rozdílného kmitočtu v NIT (Network Information Table) a skutečného kmitočtu v rozvodech.
Nižší spotřeba oproti variantě převodu na analogový signál.	Neekonomické řešení pro větší počet programů a malé rozvody.
Bez problému s formáty obrazu.	Zhoršená chybovost jako důsledek konverze.
Možnost šíření placených kódovaných stanic přímo k abonentovi.	

Podpora všech doplňkových služeb.

Změna obsahu multiplexu nevyžaduje úpravy STA

Podpora vysokého rozlišení.

Nízké nároky na rozvody.

Metoda je tedy vhodná tam, kde chceme zajistit vysokou kvalitu obrazu, ale zároveň je rekonstrukce rozvodné sítě neekonomická nebo nemožná. Tam, kde rozvody vyhovují kmitočtům IV. a V. TV pásma, se tato metoda neuplatní. Velké nároky jsou kladeny na přijímače u účastníků, jelikož ty musejí splňovat výše uvedené podmínky

Přímý rozvod DVB-T

Signál, přijímaný z antén, je pouze kanálově zesílen a přiveden na začátek rozvodu. Výhody a nevýhody řešení znázorňuje tabulka 4.3.

Tabulka 4.3: Výhody a nevýhody přímého rozvodu DVB-T

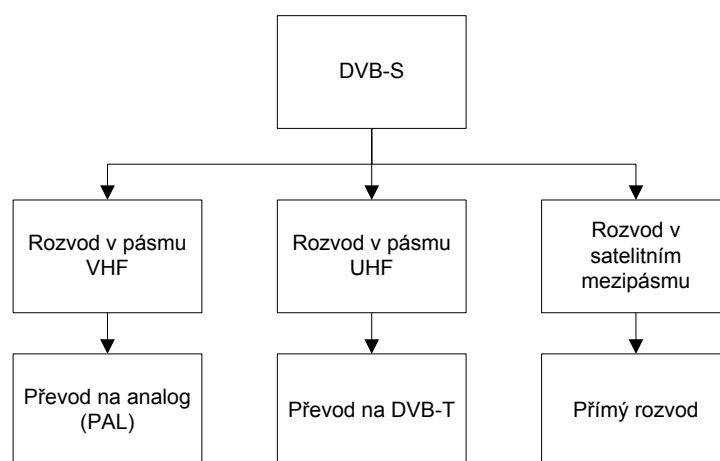
Výhody	Nevýhody
Levné řešení hlavní stanice	Vyšší nároky na rozvody (pásmo UHF).
Kompatibilita se všemi DVB-T přijímači.	
Nejnižší spotřeba.	
Bez problému s formáty obrazu.	
Možnost šíření placených kódovaných stanic přímo k abonentovi.	
Podpora všech doplňkových služeb.	
Změna obsahu multiplexu nevyžaduje úpravy STA	
Podpora vysokého rozlišení.	

Výhodná metoda tam, kde byla provedena rekonstrukce rozvodů nebo tam, kde stávající rozvod vyhovuje i pro kmitočty V. TV pásma, což je v současnosti většina domů vzhledem k tomu, že zde musel být už předtím řešen analogový příjem v UHF pásmu. Metoda je velmi výhodná pro velký počet multiplexů i proto, že náklady na úpravu rozvodů jsou fixní. Celkově se jedná o velmi perspektivní a čisté řešení, které zprostředkuje koncovým uživatelům kompletní požitek z digitálního příjmu a svobodnou volbu koncového zařízení.

4.1.2 Satelitní příjem

V případě satelitního příjmu se opět bude jednat o řešení příjmu ve standardu DVB, u satelitního vysílání se v současnosti jedná především DVB-S, postupně však roste podíl vysílání i v normě DVB-S2, která nabízí mírně vyšší kapacitu použitím vyšší modulace, avšak ta se projevuje ve zhoršené chybovosti, je tedy náročnější na kvalitu a nastavení antény.

Obrázek 4.2 nastiňuje možnosti řešení digitálního satelitního příjmu v závislosti na užitém pásmu rozvodné sítě. Nejčastěji se setkáváme s těmito třemi variantami – přímý rozvod satelitním mezípásmu, konverze do standardu DVB-T a následný rozvod v IV. nebo V. TV pásmu a poslední variantou je převod na modulovaný PAL signál do nižších TV a STV pásem.



Obr 4.2 – Možnosti řešení příjmu DVB-S v systémech pro společný příjem

Přímý rozvod v satelitním mezípásmu

Vyžaduje topologii typu hvězda (případně hřeben). Do hlavní stanice se přidávají vhodné multiswitchy (v případě hřebenu jsou po trase rozvodu). Alternativou k multiswitchům je kmitočtová konverze satelitních transpondérů. V takovém případě není nutná topologie hvězdy, pouze je nutné vyměnit zásuvky po celé délce svislé topologie. Výhody a nevýhody řešení znázorňuje tabulka 4.4.

Tabulka 4.4: Výhody a nevýhody přímého rozvodu v satelitním mezípásmu

Výhody	Nevýhody
Jediné řešení pro stovky programů	Ke každému televizoru musí být satelitní přijímač.
Nezabírá kmitočtový prostor TV pásem	Nelze provést dekódování neplacených stanic v hlavní stanici.
<u>Možnost šíření placených kódovaných stanic</u>	<u>Vysoké nároky na rozvody. (Nutná topologie typu</u>

přímo k abonentovi.	hvězda nebo výměna zásuvek za satelitní typ)
Podpora vysokého rozlišení.	
Bez problému s formáty obrazu.	
Podpora všech doplňkových služeb.	
Změna obsahu paketu nevyžaduje úpravy STA	

Řešení se přibližuje individuálnímu příjmu, avšak je velmi nákladný, neboť v naprosté většině situací vyžaduje kompletní přeprojektování rozvodné sítě. Pro řešení družicového příjmu jen několika stanic se ekonomicky nevyplatí. Využití má tato metoda v rozsáhlých hotelových systémech nebo při realizaci v rodinných domech s více přijímači. Kvalita obrazu je maximální.

Varianta s převodem na DVB-T

Vybrané programy jsou za pomoci 2-3 transkodérů DVB-S/T převedeny do pozemní digitální formy ve IV. nebo V. TV pásmu. Výhody a nevýhody řešení znázorňuje tabulka 4.5.

Tabulka 4.5: Výhody a nevýhody varianty převodu na DVB-T

Výhody	Nevýhody
Poměrně levné řešení pro velký počet účastníků.	Pro malý počet účastníků neekonomické.
Nároky na rozvody nejsou odlišné od pozemního příjmu.	Jeden převodník zpracuje jen jeden paket, z toho vyplývá omezení při tvorbě vlastních multiplexů.
Podpora vysokého rozlišení.	Změna obsahu paketu vyžaduje úpravy STA
Možnost šíření placených kódovaných stanic přímo k abonentovi.	
Bez problému s formáty obrazu.	
Podpora všech doplňkových služeb.	
Nížší spotřeba oproti variantě převodu na analogový signál.	
Lze provést dekódování neplacených stanic v hlavní stanici.	

Vhodné řešení menšího počtu přijímaných programů (desítky). Nároky na rozvody jsou srovnatelné s přímým rozvodem DVB-T. Velkou výhodou je možnost dekódovat neplacené stanice na úrovni hlavní stanice (např. základní nabídku Skylink/CS Link), čímž je možné nahradit pozemní příjem českých a slovenských programů. Kvalita obrazu zůstává nezměněná.

Varianta převodu na analogový modulovaný PAL signál

Hlavní stanice je doplněna 8 o digitálních satelitních přijímačů s modulátory pro např. STV pásma. Signál je následně nutné sloučit a případně zesílit. Výhody a nevýhody řešení znázorňuje tabulka 4.6.

Tabulka 4.6: Výhody a nevýhody varianty převodu na analogový modulovaný PAL

Výhody	Nevýhody
Poměrně levné řešení pro malý počet programů.	Spotřeba elektrické energie.
Nároky na rozvody nejsou odlišné od pozemního příjmu.	Nemožnost šíření placených kódovaných stanic přímo k abonentovi.
Lze provést dekódování neplacených stanic v hlavní stanici.	Není jisté, jestli nové televizory budou podporovat i analogový příjem.
Koncový uživatel nemusí mít žádné digitální přijímače.	Žádné doplňkové služby (EPG, Více zvukových stop).
	Změna obsahu paketu vyžaduje úpravy STA.
	Nemožnost příjmu ve vysokém rozlišení.
	Méně kvalitní obraz než u zcela digitálního příjmu.
	Problém s formáty obrazu (16:9 vs. letter box).

Hojně používaná metoda v době, kdy neexistovaly transmodulátory DVB-S/T, nyní vhodná pouze pro malý počet programů nebo v místech s méně kvalitní rozvodnou sítí (z kmitočtového hlediska). V současnosti má velmi mnoho nevýhod a pro nové realizace se jeví rozvod analogového signálu jako neperspektivní.

4.2 Detailní popis zvoleného řešení

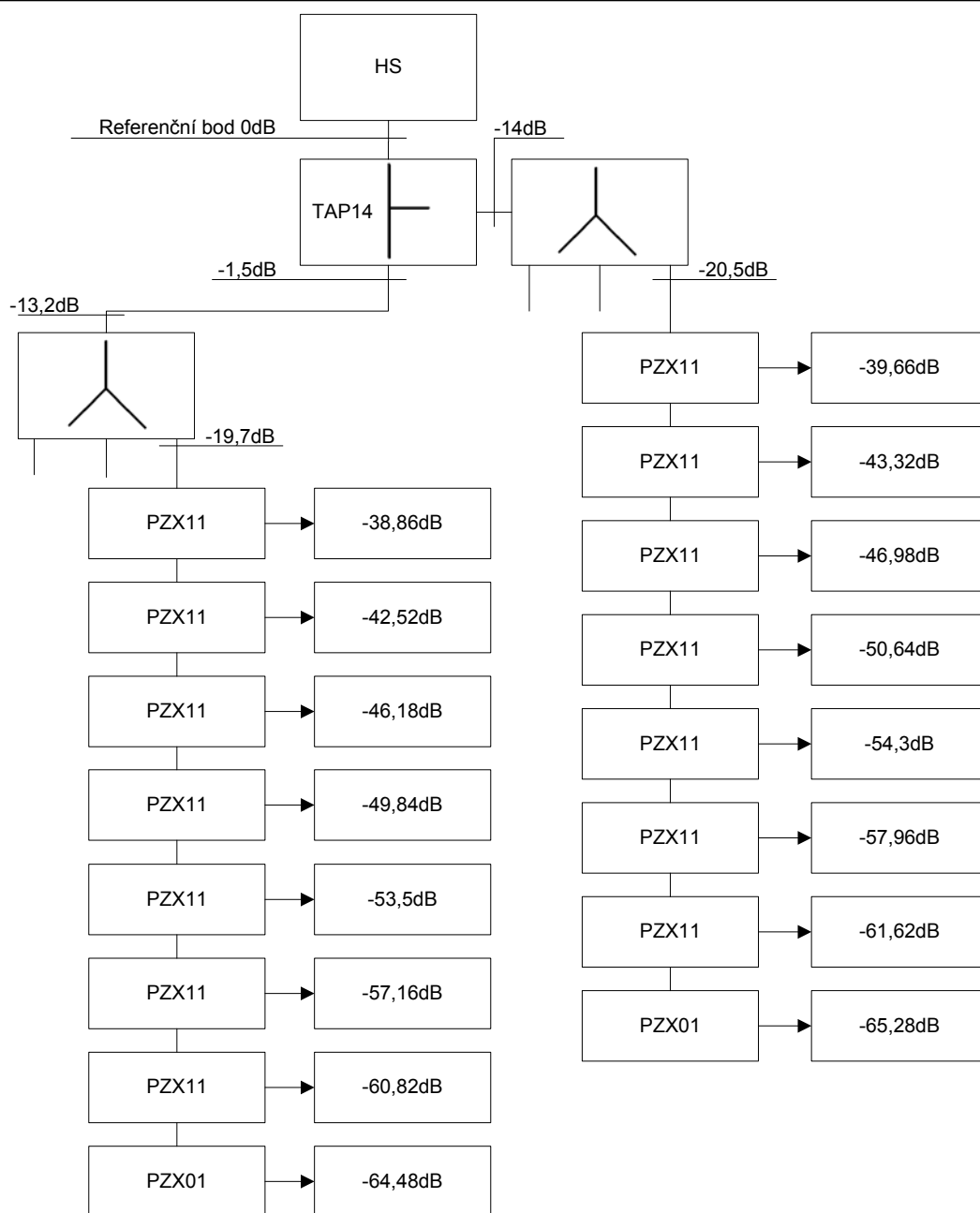
Jako optimální řešení pro příjem digitálního pozemského vysílání jsem zvolil přímý rozvod DVB-T, protože jak uvidíme dále na obr. 4.4 a 4.5, tak rozvodná síť s drobnou úpravou vyhoví IV. a V. TV pásma. Pro tuto variantu také hovoří levné řešení hlavní stanice, ostatně i pracovní skupina NKS (Národní koordinační skupina) doporučuje využívat především toto řešení [10]. Na volbu řešení příjmu se váže i způsob řešení satelitního příjmu. Logicky vyplývá jako nejvhodnější metoda převod DVB-S/T, jelikož pro přímý rozvod uzpůsobíme rozvody i pro V.TV pásmo, takže není důvod převádět satelitní programy na analogový PAL signál a zároveň pro tak nízký počet požadovaných programů se nevyplatí upravovat topologii rozvodů a nasazovat tak přímý rozvod satelitní mezifrekvence. Obě zvolené metody nijak nedegradují

kvalitu signálu, který je v digitální podobě přenášen až k samotným účastníkům, což je záměrem digitalizace.

4.2.1 Analýza současného stavu rozvodu

Nejprve provedeme výpočet útlumu pro rozvody ve stávajícím stavu pro kmitočet 800MHz. Ten byl zvolen, jelikož známe údaje kabeláže, účastnických zásuvek a jiných pasivních prvků pro tento kmitočet a nejvyšší požadovaný přenášený kanál (63.) má kmitočet 810MHz. Analýza se nachází na obrázku 4.3. Výstup zesilovací soupravy v hlavní stanici je označen jako referenční bod, na něj je připojen 14 dB odbočovač s průchozím útlumem 1,5dB (hodnoty dle datasheetu Televes 4518). Odbočení je zapojeno do trojnásobného rozbočovače s útlumem 6,5dB na 800MHz, resp. 6dB při 500MHz. Každá větev je zapojená k sérii 8 zásuvek PZX (poslední je zakončená jmenovitou impedancí 75Ω), s odbočným útlumem 18dB a průchozím útlumem 2,5dB při kmitočtu 800MHz, resp. 16,5dB/2dB při 500MHz. Vedení mezi rozbočovačem a mezi zásuvkami má délku 4m. Obdobně je zapojení u druhého vchodu domu, převodní vedení má délku 30m a uvažovaný útlum 39dB/100m na 800MHz resp. 31,5dB/100m při 500MHz. Teplotní vlivy mohou vzhledem k malému rozsahu sítě a zanedbat.

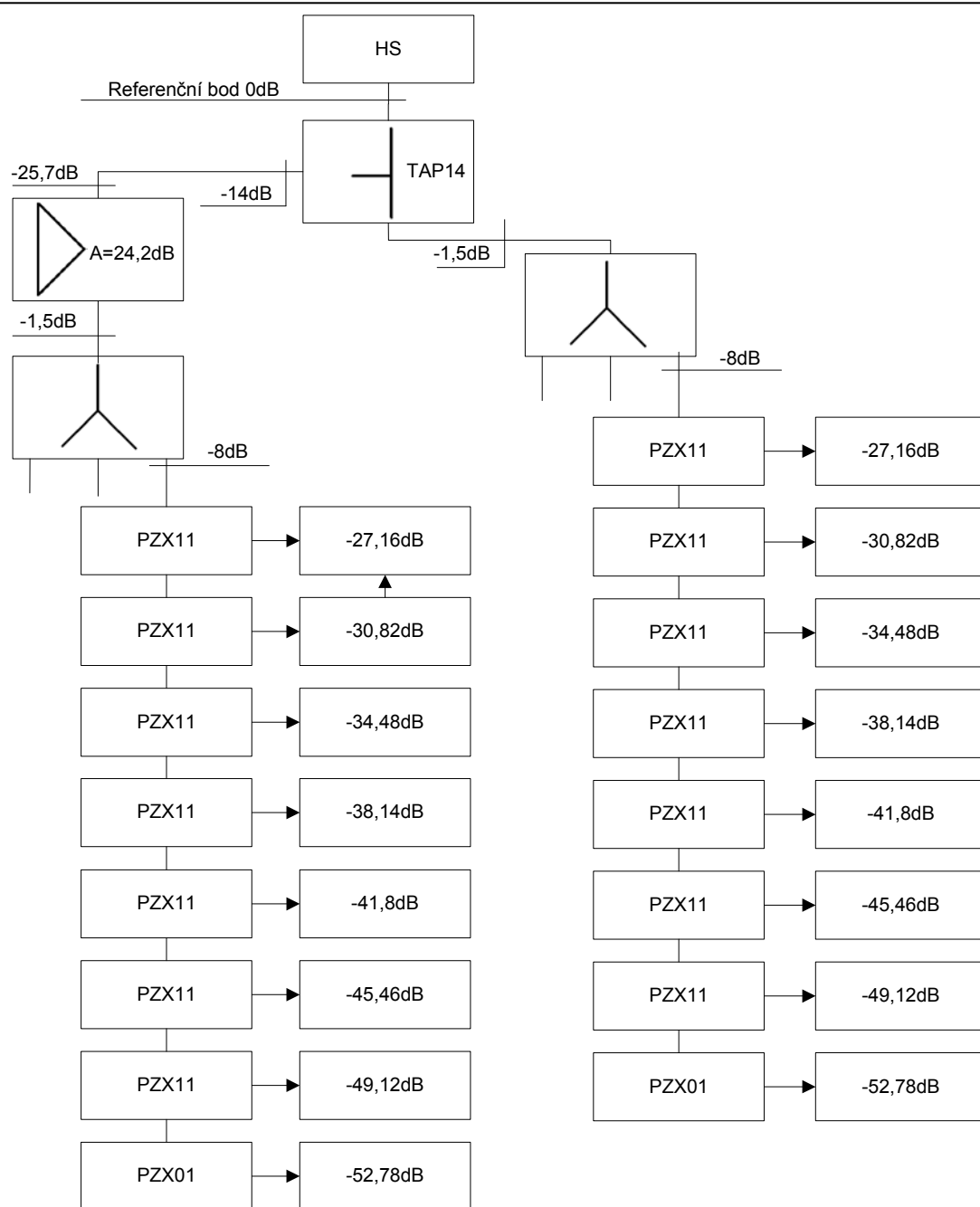
Z níže uvedeného rozpočtu vyplývají dvě věci. Tou první je, že největší rozdíl v útlumu mezi dvěma účastnickými zásuvkami je 26,4dB. Z toho vyplývá, že pokud bychom chtěli splnit normu pro analogový signál (58-83dB μ V na účastnické zásuvce), tak by rozvod nevyhověl. Pro digitální signály normy (ČSN EN 50083-7) stanovují minimální úroveň 47dB μ V. Maximum stanoveno není, nicméně lze říci, že bude obdobně vysoké jako u analogové normy. Pro budoucí potřeby tedy stanovíme, že požadovaná úroveň digitálního signálu na zásuvce bude 50-80dB μ V, tedy, že rozvod s maximálním rozdílem úrovně 26,4dB digitálnímu signálu vyhoví. Druhá věc je maximální útlum, který v této prvotní analýze dosahuje vysokých 65,3dB. Vybuzení hlavní stanice by tedy muselo být na nejméně 115,3dB μ V, což je v případě digitálních signálů příliš mnoho, bylo by to technicky náročné a drahé řešení.



Obr 4.3 – Analýza stávajícího stavu rozvodů pro 800MHz.

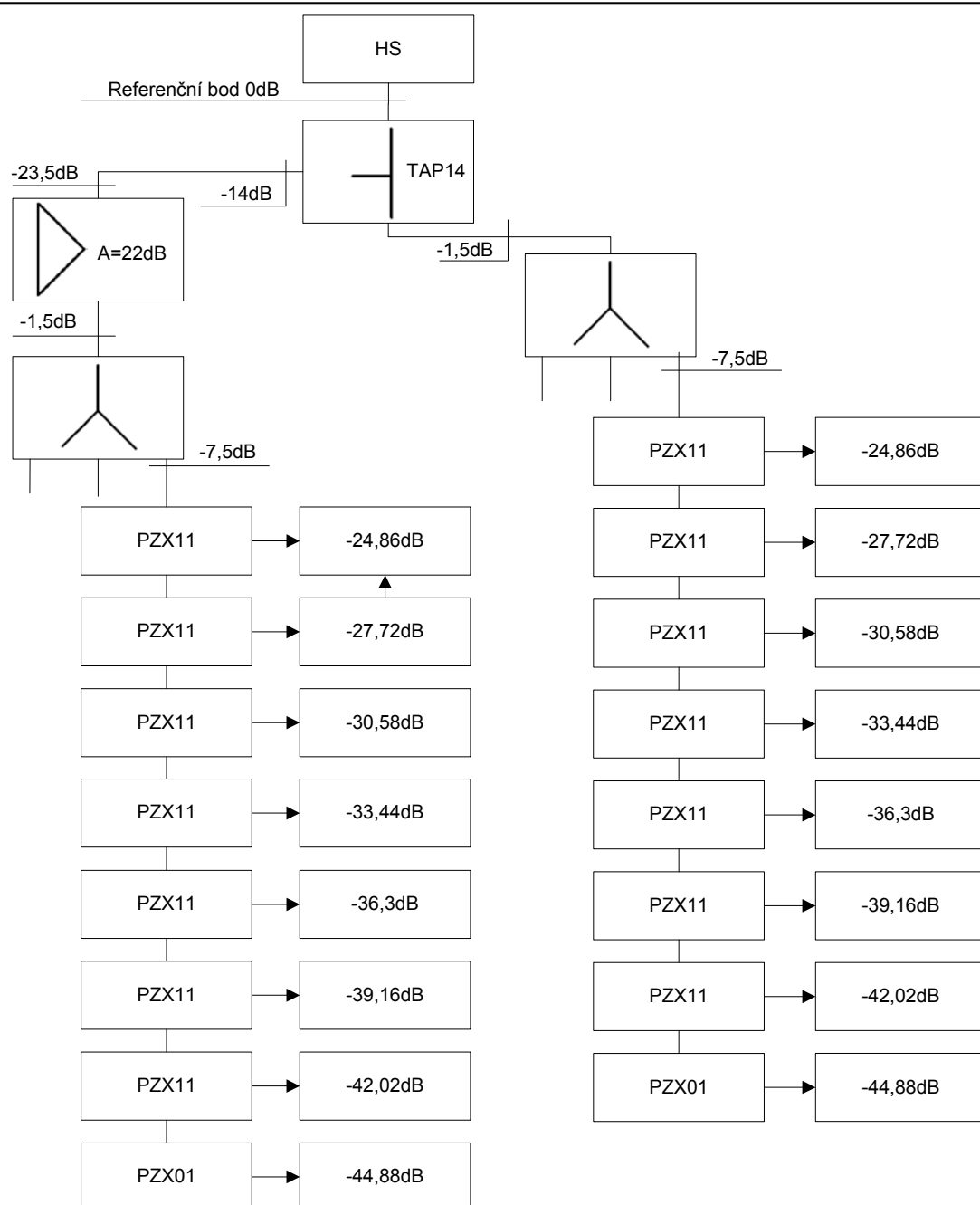
4.2.2 Navržené změny v rozvodu

Nabízí se tedy možnost poměrně levně a jednoduše ponížit maximální potřebné vybuzení tím, že útlum převodního vedení do druhého vchodu kompenzujeme širokopásmovým zesilovačem zapojeným mezi toto vedení a trojnásobný rozbočovač. Další výhodou je, že zesilovač zároveň kompenzuje kmitočtovou závislost vedení. Situaci znázorňuje obr. 4.4.



Obr 4.4 – Návrh rozvodů pro kmitočet 800MHz.

Nyní potřebné minimální vybuzení hlavní stanice kleslo na přijatelných $102,8\text{dB}\mu\text{V}$, maximum je pak $107,2\text{dB}\mu\text{V}$. Hlavní stanice tedy bude nastavena na výstupní úroveň $105\pm 2\text{dB}\mu\text{V}$ pro kanály V. TV pásma. Pro nižší kmitočty (IV. TV pásmo) vypadá situace ještě lépe viz obr. 4.5, potřebné vybuzení je v této situaci nejméně $94,9\text{dB}\mu\text{V}$ a maximum $104,9\text{dB}\mu\text{V}$, hlavní stanici tedy budeme nastavovat na výstupní napětí $100\pm 5\text{dB}\mu\text{V}$.



Obr 4.5 – Návrh rozvodů pro kmitočet 500MHz.

4.2.3 Požadavky na technologie v hlavní stanici

Pro splnění výše uvedených kritérií, musí vybavení hlavní stanice splňovat určité požadavky. Použité pasivní prvky v hlavní stanici nutno vyměnit za nové s F-konektory a známymi parametry, které byly uvažovány v návrhu, především pak definovaným pracovním pásmem (typicky 5-1000MHz). Šířka pracovního pásma je přirozeně důležitá i pro aktivní součástky.

Pro zesilování kanálů v V. TV pásmu musí kanálový zesilovač mít vybuditelnost digitálním signálem 107dB μ V, čemuž vyhoví např. zesilovače Engel AM5100 měřené v kapitole 3.1. Zisk není kritickým parametrem, jedná-li se o místní příjem, výrobcem stanovený zisk 50 \pm 2dB určuje minimální úroveň potřebnou na výstupu z antény. Pokud je úroveň příliš nízká, je potřeba využít zesilovač s vyšším ziskem nebo anténní předzesilovač.

Pro zesilování kanálů v IV. TV pásmu musí kanálový zesilovač mít vybuditelnost digitálním signálem 105dB μ V, opět lze využít tedy stejný typ zesilovače. Využití pravděpodobně naleznou také stávající zesilovače, splní-li podmínku vybuditelnosti (avšak bude nutné je přeladit). Optimální využití spočívá u transmodulátorů DVB-S/T (např. měřený Engel MS8810), které mají výstupní úroveň 75dB μ V, takže 40dB zisk kanálového zesilovače bude postačovat.

Širokopásmový zesilovač umístěný v rozvodnici druhého vchodu, musí mít zisk alespoň 25dB, vybuditelnost musí být alespoň 105,5dB μ V pro 6 digitálních multiplexů (multiplexy 1-4 + 2 multiplexy vytvořené ze satelitního příjmu). Redukční faktor při konzervativní volbě $k=15$, vychází (dosazením do vztahu 3.1) 10,5dB. Vyžadujeme tedy širokopásmový zesilovač s vybuditelností 116dB μ V, tomu vyhoví např. Terra HA126, jehož parametry byly ověřeny měřeními v kapitole 3.3.

4.2.4 Požadavky na anténní soustavu

Pro digitální příjem nejsou na anténu kladeny žádné nároky navíc. Pokud anténa fungovala uspokojivě pro analogový příjem v celém pásmu UHF, digitální ji nebude činit problém. V každém případě je ve většině příjmových situací potřeba na každý vysílač směřovat jednu anténu. V STA systémech se nečastěji využívají Yagi antény se ziskem okolo 15dBi, které v případě místního příjmu poskytují dostatečnou úroveň signálu.

Satelitní anténu lze využít stávající, zkontrolovat se musí pouze nasměrování na správnou družici. Vyměnit je nutné konvertor, klidně za quattro typ, jelikož v ceně není příliš velký rozdíl oproti variantám s méně výstupy.

5. Závěr

Úprava společné televizní antény pro příjem digitálního vysílání nemusí být ekonomicky náročná a ve většině případů neklade příliš vysoké dodatečné nároky na stávající zařízení. Rozvodné sítě malého rozsahu lze poměrně snadno (přidáním širokopásmového zesilovače) uzpůsobit tak, aby vyhovovaly požadavkům pro rozvod digitálních signálů, což bylo dokázáno v kapitole 4.2. U rozvodů většího rozsahu (více než 8 zásuvek v sérii) je potřeba přistoupit k výměně zásuvek za typy z odstupňovaným útlumem, výměna koaxiálního vedení není v drtivé většině sítí zapotřebí, není-li vyloženo v nevyhovujícím stavu. Širokopásmové zesilovače se zapojením push-pull dosahují výborné vybuditelnosti pro čisté digitální signály, nicméně s jejich rostoucím počtem klesá maximální vybuditelnost až dvojnásobně rychleji, jak ukázalo měření v kapitole 3.3, s čímž je nutné při návrhu kalkulovat.

Kanálové zesilovače dosahují pro digitální signály výrazně nižší vybuditelnosti, a to až o 10dB. Z měření v kapitole 3.1 dále vyplynul i strmý růst chybovosti v případě jejího dosažení. Tuto strmost je třeba vzít v úvahu a nevyužívat vybuditelnosti kanálového zesilovače na maximum, čili nechávat si dostatečnou rezervu pro kolísání napěťové úrovně signálu v místě příjmu. Dobrou zprávou ale je, že doposud používané kanálové zesilovače pro analogové signály se šířkou pásma zesílení 7MHz, lze bez problému využít pro zesilování digitálních signálů bez významného vlivu na jejich kvalitu. Pro dálkový příjem slabého signálu, který je kanálově situován vedle silného místního signálu, je dokonce nižší šířka pásma kanálového zesilovače výhodou, která dovoluje vybudit užitečný signál nepatrně více, viz kapitola 3.2, což je právě v případě slabých signálů velmi žádoucí.

V blízké budoucnosti bude pomalým tempem narůstat podíl digitálního vysílání dle normy DVB-T2, která přináší podstatné novinky. Tou hlavní je až 10MHz šířka pásma signálu, čili zde opět vyvstane otázka, zdali si současně dodávané aktivní prvky, především kanálové zesilovače, dokážou poradit s touto situací. Podmínky budou náročnější, protože norma specifikuje nově i modulaci 256-QAM nebo kratší ochranný interval, což bude vést k vyšším nárokům na kvalitu signálu. Ty nejvyšší náklady budou pravděpodobně na straně uživatelů, kteří si budou muset opět pořídit nový/kompatibilní přijímač, což celý proces jistě neurychlí.

Literatura

- [1] ČESKÝ, Tomáš. Antény pro příjem televize. Vydání první. Praha : SNTL, 1985. 240 s.
- [2] ČESKÝ, Milan. Příjem rozhlasu a televize. Druhé, upravené vydání. Praha : SNTL, 1981. 276 s.
- [3] OTÝPKA, Jiří. Antény pro družicový příjem. Vyd. 1. Praha : Academia, 1994. 103 s. ISBN 80-200-0476-9.
- [4] TŮMA, Václav. Systémy pro společný příjem a rozvod signálů TV a R. Vyd. 1. Ostrava : AKS Ostrava, 1991. 100 s.
- [5] DIANIŠKA, Samuel. Prenos signálů v televizních káblových rozvodech. Vyd. 1. Praha : Nakladatelství dopravy a spojů, 1987. 194 s.
- [6] DANEŠ, Josef. Amatérská radiotechnika a elektronika : 1. díl. Vydání I. Praha : Naše vojsko, 1984. 624 s.
- [7] ETSI TR 101 290 V 1.2.1 (2001-05): Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems. France: European Telecommunications Standards Institute, 2001. 175 s.
- [8] KOAXIÁLNÍ KABELY: Nabídka koaxiálních kabelů a AudioVideo příslušenství [online]. 11.10.2010 [cit. 2011-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.koaxial.cz/>>.
- [9] Rádia [online]. 2004 [cit. 2011-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://elnika.sweb.cz/radia/radia.html>>
- [10] Česká Republika. Stanovisko technické pracovní skupiny NKS č. 01/2007 – revize listopad 2008. In Ministerstvo vnitra české republiky. 2008, s. 1-14. Dostupný také z WWW: <<http://www.mvcr.cz/soubor/alternativy-pdf.aspx>>.
- [11] SKÁLA, Josef. Technické a ekonomické aspekty digitalizace společných televizních antén. Prezentace ze Semináře pro společnosti zabývající se instalací anténních televizních přijímacích systémů [online]. 2009, [cit. 2011-04-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.digistranky.cz/dvbt/download/prezentace-josef-skala.ppt>>.
- [12] YORK, Bob. Why is 50Ω Coaxial Line so Special Anyway?. In Electromagnetic Fields and Waves [online], 2006 [cit. 2011-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://my.ece.ucsb.edu/bobsclass/134/Handouts/why50ohm.pdf>>.
- [13] DigiZone.cz [online]. 2011 [cit. 2011-04-01]. Antény pro digitální příjem televize. Dostupné z WWW: <<http://anteny.digizone.cz/logaritmicke-periodicke-anteny/>>. ISSN 1801-4933.

- [14] UHF Antennas. In Antennas and mast amplifiers. Barberà del Vallès : Engel Axil, 2007. s. 12.
- [15] ŽUROVIČ, Svetozár. Úvod do problematiky digitální televize. In Digitální televize. Pardubice : UNIT, 1997. s. 237.
- [16] LÍŠKA, Dušan. Vývoj digitálního vysílání ve světě. In Radiokomunikace 2001. Pardubice : UNIT, 2001. s. 227.
- [17] KLÍMA, Miloš. Digitální televize : Moderní metody komprese obrazu. In Radiokomunikace 2004. Pardubice : UNIT, 2004. s. 184.

Seznam příloh

- I. Měřicí přístroje
- II. Naměřené hodnoty